

natuurkunde overal
na vwo deel 2

UITWERKINGEN

epn

natuurkunde overal

na vwo deel 2

UITWERKINGEN

derde druk,
eerste oplage 2008

Pieter Hogenbirk
Maria Cornelisse
Jan Frankemölle
Dik Jager
Theo Timmers

epn

inhoud

06 Mechanische energie

6.1 Inleiding

A 1

a Aan het veranderen van de snelheid, vormverandering; een kracht kan met andere krachten iets op zijn plaats houden of iets met constante snelheid doen bewegen.
b Iets heeft energie als het iets anders kan laten bewegen, vervormen, verwarmen of laten stralen.

A 2

a Zwaartekracht en wrijvingskracht
b Veerkracht (uit de plank), zwaartekracht en later wrijvingskracht
c Zwaartekracht en de ondersteunende kracht van de ondergrond
d De krachten van vraag c en een remkracht

A 3

a Zwaarte-energie → bewegingsenergie
b Veerenergie → bewegingsenergie
c Bewegingsenergie water → bewegingsenergie rad (+ warmte)
d Bewegingsenergie → elektrische energie (+ warmte)

B 4

a Afstand waarover de remkracht (+ wrijvingskracht) een voorwerp tot stilstand brengt
b Door de lage snelheid kan de remweg kort zijn.
c De remweg is groot vanwege de helling en de grote massa. Door de snelheid te verlagen, wordt de remweg kleiner.
d Snelheid van auto voor het remmen, massa voorwerp, grootte remkracht, soort wegdek

B 5

Op de Voyager werken erg kleine aantrekkingskrachten van de planeten die de sonde passeert en van de zon. Een kleine voortstuwende kracht kan deze al compenseren. Die verricht weinig arbeid en er wordt weinig 'brandstof' omgezet. De snelheid blijft steeds dezelfde. Om een constante snelheid te hóuden is geen energie nodig.

B 6

Kijk op de ▸site.

6.2 Kinetische energie

B 7

a Een scalar
b $W = \Delta(\frac{1}{2}m \cdot v^2) \rightarrow$
$[W] = [m] \cdot [v]^2 \rightarrow$
$\text{N} \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot (\text{m/s})^2 = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \rightarrow 1\ \text{N} = 1\ \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

A 8

$100\ \text{km/h} = 100 \cdot 10^3\ \text{m} / 3{,}6 \cdot 10^3\ \text{s} = 27{,}77\ \text{m/s}$
$E_k = \frac{1}{2}m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 920 \times 27{,}77^2 = 3{,}56 \cdot 10^5\ \text{J}$

B 9

$W = \Delta E_k = 0{,}90 \times 1{,}2 = \frac{1}{2} \times 0{,}100 \times v^2 - 0 \rightarrow$
$v = 4{,}6\ \text{m/s}$

B 10

a W = oppervlakte onder grafiek $= 30 \times 20 + 20 \times 30$
$= 600 + 600 = 1200 = 1{,}2 \cdot 10^3\ \text{N} \cdot \text{m}$
b $\Delta E_k = W \rightarrow E_{k,\text{fiets}} - 0 = 1{,}2 \cdot 10^3 \rightarrow$
$\frac{1}{2}m \cdot v^2 = 1{,}2 \cdot 10^3 \rightarrow$
$\frac{1}{2} \times 72 \times v^2 = 1{,}2 \cdot 10^3 \rightarrow$
$v^2 = 1{,}2 \cdot 10^3 / 36 = 33{,}3 \rightarrow$
$v = 5{,}8\ \text{m/s}$
c Bij vraag a gebruik je een figuur en vervolgens bereken je de gevraagde grootheid.
Bij vraag b gebruik je alleen een formule om de gevraagde grootheid te vinden.

B 11

a $F_z = m \cdot g = 1{,}00 \cdot 10^{-3} \times 9{,}81 = 9{,}81 \cdot 10^{-3}\ \text{N}$
b $h = 250$ m met $W = \Delta E_k \rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2}m \cdot v^2 - 0 \rightarrow$
(de massa kun je wegstrepen) $2 \cdot g \cdot h = v^2 \rightarrow$
$v^2 = 2 \times 9{,}81 \times 250 \rightarrow v = 70{,}0\ \text{m/s}$
c $70{,}0\ \text{m/s} = \dfrac{0{,}0700\ \text{km}}{1/3600\ \text{h}} = 252\ \text{km/h}$
óf $70{,}0\ \text{m/s} = 3{,}6 \times 70{,}0 = 252\ \text{km/h}$
d In de vergelijking van vraag b valt de massa weg. De massa speelt dus geen rol tijdens het vallen zonder wrijving.

B 12

$W = \Delta E_k$; als de arbeid, verricht op de kogel, even groot is, krijgt een kogel met een kleinere massa een grotere snelheid.

B 13

$W = \Sigma F \cdot s$; werkt niet: er is geen informatie over ΣF en s.
Wel kun je de WAK gebruiken.
$W = \Delta E_k = ½m \cdot v^2 - 0$
$v = 56 \cdot 10^3 / 3,6 \cdot 10^3 = 15,55$ m/s →
$W = ½ \times 900 \times 15,55^2 = 1,1 \cdot 10^5$ N·m

B 14

a Nee, die wordt verviervoudigd. Er staat v^2 in de formule.
b Ja, uit de formule voor de kinetische energie volgt dat E_k recht evenredig is met de m. Dat betekent dat als de massa tweemaal zo groot is, de kinetische energie ook tweemaal zo groot is.

B 15

a Je remkracht vind je uit $W = -F_{rem} \cdot s$ en
$W = \Delta E_k \cdot v = 20/3,6 = 5,556$ m/s. Dan is
$W_{rem} = \Delta E_k = 0 - ½ \times 63 \times 5,556^2$
$= -972$ J; $s = 18$ m →
$-F_{rem} \times 18 = -972 \rightarrow F_{rem} = 54$ N
b Met iemand achterop is de massa die afgeremd moet worden groter. Volgens de formule $E_k = ½m \cdot v^2$ de kinetische energie groter. Die energie verdwijnt door het remmen →
$W = \Delta E_k = 0 - ½m \cdot v^2$ is sterker negatief.
Er geldt $W = -F_{rem} \cdot s$; $F_{rem} \cdot s$ is dus groter. Remmen doe je met dezelfde kracht → s is groter.

B 16

Snelheden in m/s zijn: 5,00 m/s en 1,39 m/s.
$W = \Delta E_k = ½ \times 68 \times 1,39^2 - ½ \times 68 \times 5,00^2 = -7,8 \cdot 10^2$ N · M

B 17

a $\Delta E_k = 0$ (snelheid blijft even groot)
$W = \Delta E_k \rightarrow W = 0$
Alternatief
Bij een constante snelheid geldt $F_{res} = 0 \rightarrow W = 0$
b $W = F_z \cdot s = -m \cdot g \cdot s = -4,9 \times 9,8 \times 1,5 = -72$ N·m (het minteken omdat de richting van hijsen en de zwaartekracht tegengesteld zijn)
c Die arbeid is gelijk maar tegengesteld: 72 N·m

C 18

120 km/h = 33,3 m/s. De verplaatsing tijdens het remmen is 2,0 + 0,6 = 2,6 m.
$W = \Delta E_k$ met $W = -F \cdot s$ →
$-F \times 2,6 = 0 - ½ \times 65 \times 33,3^2 \rightarrow F = 1,4 \cdot 10^4$ N

6.3 Veerenergie en zwaarte-energie

A 19

a Wanneer de veerkracht van een veer arbeid kan verrichten;
$E_v = ½C \cdot u^2$
b De verhouding van veerkracht en vervorming van de veer;
$C = F / u$
c De arbeid die de zwaartekracht kan verrichten tot een voorwerp op de grond is; $E_z = m \cdot g \cdot h$
d De verhouding van zwaartekracht en massa van een voorwerp; $g = F_z / m$
e De arbeid die met een bewegend voorwerp kan worden verricht.
Of: de energie die een voorwerp heeft gekregen doordat het is gaan bewegen doordat er arbeid werd verricht.
$E_k = ½m \cdot v^2$
f Als er een kracht is die arbeid kan verrichten en die arbeid (hoeveelheid energie dus) afhangt van de plaats waar die kracht werkt.
g Wanneer het verrichten van arbeid mogelijk is doordat er chemische reacties optreden.
h Als er arbeid kan worden verricht.

A 20

a Er is energie als er arbeid kan worden verricht. Dat gebeurt hier door de kracht uit de motor van het pompje.
b Omdat een *elektrische* stroom de energie van de zonnecellen naar de motor van het pompje brengt.
c Elektrische energie uit de zonnecellen wordt omgezet in zwaarte-energie van het water. Dit gebeurt door arbeid die de kracht uit de motor van het pompje verricht.

A 21

a De veerkracht werkt nu tegen de bewegingsrichting (= richting van de verplaatsing) van de bal in →
$W = -F_v \cdot s \rightarrow W < 0$
b In veerenergie van het racket
c $W = \Delta E_k$. Verdwijnt E_v weer, dan verricht de veerkracht van het racket positieve arbeid. Door te slaan verricht de tennisser ook positieve arbeid.
Dus $\Delta E_k \gg 0$ → de snelheid van de bal neemt sterk toe.

B 22

a $E_v = ½C \cdot u^2 = ½ \times 1,8 \cdot 10^3 \times (0,18)^2 = 29$ J
b $F_v = C \cdot u \rightarrow F_v = 1,8 \cdot 10^3 \times 0,18 = 3,2 \cdot 10^2$ N

B 23

a $\Delta E_z = E_{z,ná} - E_{z,vóór}$
$3,4 \cdot 10^3 = 68 \times 9,81 \times h_{ná} - 68 \times 9,81 \times h_{vóór}$
$3,4 \cdot 10^3 = 67 \times (h_{ná} - h_{vóór}) \rightarrow$
$h_{ná} - h_{vóór} = 5,1$ m
Alternatief
E_z verandert wegens een verandering in de hoogte.
Er geldt: $\Delta E_z = m \cdot g \cdot h$
$3,4 \cdot 10^3 = 68 \times 9,81 \times \Delta h \rightarrow \Delta h = 5,1$ m
b Het zwaartepunt zit onder in je buik en de springer begint met een zwaartepunt dat al bijna een meter boven de aarde ligt. Gaat hij over de lat, dan ligt zijn zwaartepunt enkele decimeters boven de lat. Gaat hij met een gekromde (holle) rug over de lat, dan ligt zijn zwaartepunt zelfs onder de lat!

B 24

$E_z = m \cdot g \cdot h \rightarrow 4,54 \cdot 10^4 = m \times 9,81 \times 102 \rightarrow m = 45,4$ kg

B 25

a De verrichte arbeid is gelijk aan de veerenergie die de veer had. Dus $E_v = 0,11$ N·m.
b $E_v = ½C \cdot u^2 \rightarrow 0,11 = ½ \times C \times (1,6 \cdot 10^{-2})^2 \rightarrow C = 8,6 \cdot 10^2$ N/m
c W_v is gelijk aan de toename van kinetische energie van de munt. In formule:
$W = \Delta E_k = ½m \cdot v^2 - 0$
$0,11 = ½ \times 0,0060 \times v^2 \rightarrow v = 6,1$ m/s

B 26

a $E_z = m \cdot g \cdot h = 250 \times 9{,}81 \times 0{,}25 = 6{,}1 \cdot 10^2$ J

b $F_z = 250 \times 9{,}81$; $W_z = F_z \cdot s = 250 \times 9{,}81 \times 0{,}25 = 6{,}1 \cdot 10^2$ N·m

c De arbeid van de zwaartekracht is even groot als de zwaarte-energie.

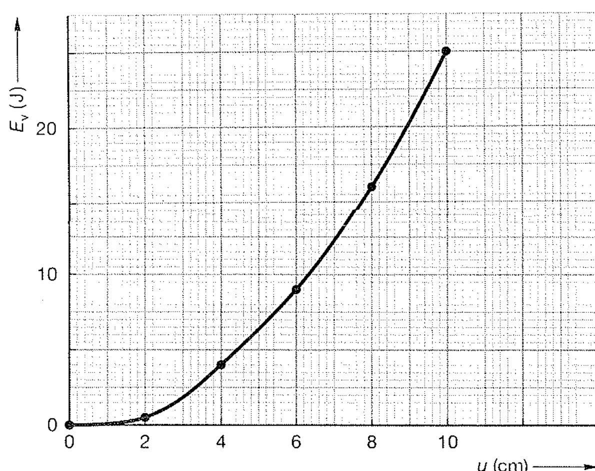
d $W = \Delta E_k = ½m \cdot v^2 - 0$
$6{,}13 \cdot 10 = ½ \times 250 \times v^2 \rightarrow v = 2{,}2$ m/s

B 27

Voor de E_v geldt: $E = ½C \cdot u^2$.
Je gaat op de duikplank staan. Je meet de doorbuiging u.
De veerconstante C bepaal je uit $C = F_v / u$.
Omdat krachten in evenwicht zijn op de duikplank, geldt $F_v = F_z$. Bereken dus ook F_z door je eigen massa te bepalen.

B 28

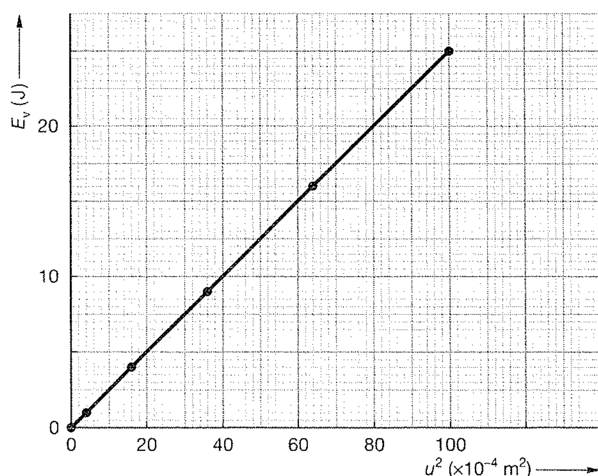
a $E_v = ½C \cdot u^2$. Enkele punten berekenen:
$u = 2{,}0$ cm $\rightarrow E_v = 1{,}0$ J
$u = 8{,}0$ cm $\rightarrow E_v = 16{,}0$ J enzovoorts. Zie figuur 6.1.



6.1

b E_v en u^2. ($\sqrt{E_v}$ en u gaat ook.)

c Enkele punten berekenen:
$u^2 = 4{,}0$ cm² $\rightarrow E_v = 1{,}0$ J
$u^2 = 64{,}0$ cm² $\rightarrow E_v = 16{,}0$ J, enzovoort. Zie figuur 6.2.



6.2

d Steilheid is $25 / (100 \cdot 10^{-4}) = 2{,}5 \cdot 10^3$ J/m²

e De veerconstante C, want de steilheid is $½C$.
Je ziet het ook aan de eenheid: J/m² = N·m/m² = N/m

R 29

a 30 km/h = 8,33 m/s;
$E_k = ½m \cdot v^2 = ½ \times 950 \times 8{,}33^2 = 3{,}3 \cdot 10^4$ J

b Als de auto stilstaat is $E_k = 0$; De arbeid die de autokracht verricht, is gelijk aan de afname van zijn (kinetische) energie $\rightarrow W = 3{,}3 \cdot 10^4$ N·m

c Voetgangers, paaltjes

d De massa van fiets + berijder is ongeveer 10× zo klein als die van een auto. Dus de arbeid is ook 10× zo klein: $3{,}3 \cdot 10^3$ N·m.

e Tijdens een botsing wordt door arbeid kinetische energie omgezet. Auto's kunnen door hun grote massa en snelheid veel kinetische energie omzetten, dus veel arbeid verrichten.
Vóór (bijvoorbeeld):
- De zwakkere verkeersdeelnemer wordt beschermd.
- Er ontstaat een rustiger straatbeeld.

Tegen (bijvoorbeeld):
- Onzekerheid bij automobilisten omdat deze regel boven voorrangsregels gaat.
- Rechtsongelijkheid

C 30

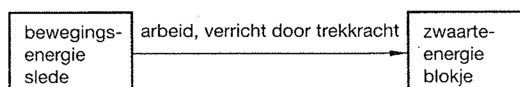
a De arbeid tijdens het spannen is gelijk aan de toename in de veerenergie. Dus $E_v = ½C \cdot u^2 = ½ \times 22 \times 0{,}10^2 = 0{,}11$ J

b Je begint al met een gespannen veer die dus al een $E_v = 0{,}11$ J heeft (zie vraag a). Tijdens het spannen van 0 tot 0,20 m krijgt de veer een $E_v = ½C \cdot u^2 = ½ \times 22 \times 0{,}20^2 = 0{,}44$ J
Er is 0,44 J − 0,11 J = 0,33 J nodig om de veer van 10 cm tot 20 cm uit te rekken.

c De gemiddelde kracht waarmee je trekt is van 0 tot 10 cm kleiner dan van 10 cm tot 20 cm.

C 31

a Zie figuur 6.3.



6.3

b De kinetische energie van de slede in het begin wordt geheel in zwaarte-energie omgezet.
De zwaarte-energie van het blokje wordt:
$E_z = m \cdot g \cdot h = 0{,}180 \times 9{,}81 \times 0{,}85 = 1{,}5$ J.
In het begin was $E_k = ½m_{slede} \cdot v^2 = 1{,}5$ J$\rightarrow$
$1{,}5 = ½ \times 0{,}320 \times v^2 \rightarrow v = 3{,}1$ m/s

6.4 Wet van behoud van energie

A 32

a E_z

b E_k

c Er ontstaat geen warmte (er is geen wrijving) dus alle E_z wordt omgezet in E_k.

d $E_z \rightarrow E_k \rightarrow E_z$, wet van behoud van energie. Er ontstaat geen warmte: de kom is zeer glad en alle zwaarte-energie komt terug. Dus dezelfde hoogte.

B 33

$E_v \rightarrow E_k \rightarrow E_z$.
Met $E_z = m \cdot g \cdot h$ bereken je de te bereiken hoogte.
WBE: $(E_{totaal})_1 = (E_{totaal})_2$
$E_{v,1} + E_{z,1} = E_{z,2} + E_{v,2}$
$2{,}4 + 0 = 0{,}0050 \times 9{,}81 \times h + 0 \rightarrow h = 49$ m

B 34

$(E_k + E_z)_1 = (E_k + E_z)_2$
$½m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot h_1 = ½m \cdot v_2^2 + m \cdot g \cdot h_2$
$½ \times 0{,}220 \times 12^2 + 0{,}220 \times 9{,}81 \times 2{,}20 = 0 + 0{,}220 \times 9{,}81 \times h_2$
$h_2 = 10{,}3$ m

B 35

$(E_v + E_z)_1 = (E_v + E_z)_2$
$0 + m \cdot g \cdot h_1 = ½C \cdot u_2^2 + 0$
$1{,}5 \times 9{,}81 \times 2{,}8 = ½ \times 1{,}2 \cdot 10^3 \times u_2^2 \rightarrow u_2 = 0{,}26$ m

B 36

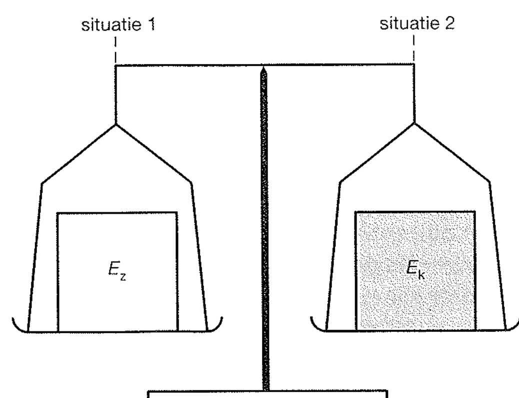
$(E_k + E_z)_1 = (E_k + E_z)_2 \rightarrow$
$E_{z,1} = E_{k,2}$
$m \cdot g \cdot h_1 = ½m \cdot v_2^2$
$25 \cdot 10^{-3} \times 9{,}81 \times 3{,}0 \cdot 10^2 = ½ \times 25 \cdot 10^{-3} \times v_2^2$
massa wegdelen
$9{,}81 \times 3{,}0 \cdot 10^2 = ½ \times v_2^2 \rightarrow v_2 = 77$ m/s

R 37

a $(E_k + E_z)_1 = (E_k + E_z)_2$
$½m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot h_1 = ½m \cdot v_2^2 + m \cdot g \cdot h_2$
54km/h = 15 m/s
$½ \times 0{,}200 \times 15^2 + 0{,}200 \times 9{,}81 \times 16$
$= ½ \times 0{,}200 \times v_2^2 + 0{,}200 \times 9{,}81 \times 4{,}8 \rightarrow$
$½ \times 15^2 + 9{,}81 \times 16 = ½ \times v_2^2 + 9{,}81 \times 4{,}8 \rightarrow$
$v_2 = 21$ m/s = 76 km/h
b Door de arbeid van de zwaartekracht krijgt het pijltje een ongelooflijke snelheid en kan het dus iemand behoorlijk verwonden.

C 38

a Alleen blok B heeft E_z, blok A kan niet vallen.
b Beide blokken krijgen E_k.
c Door het strakke touw hebben A en B dezelfde snelheid. Bekijk A en B als één systeem met $m = 0{,}040$ kg.
$(E_k + E_z)_{sit.1} = (E_k + E_z)_{sit.2}$
$0 + 0{,}20 \times 9{,}81 \times 0{,}80 = E_{k,2}$
$E_{k,2} = 1{,}5696$ J
Pas toe: $E_{k,2} = ½m \cdot v_2^2$, $m = 0{,}40$ kg $\rightarrow$
$1{,}5696 = ½ \times 0{,}40 \times v_2^2 \rightarrow v_2 = 2{,}8$ m/s



6.4

C 39

a Zie figuur 6.4.
b Er geldt $m \cdot g \cdot h = ½m \cdot v^2$; hieruit valt de massa weg.
c $E_k = Q$
d-h Kijk op de (▸site).

R 40

a Warmte werd niet gezien als een soort energie. Als de WBE geldt, moeten al het water en de draaiende delen evenveel energie (zwaarte-energie plus kinetische energie) houden.
b Er ontstaat wel warmte en die kun niet volledig weer terug omzetten in zwaarte-energie of kinetische energie. Je zult dus steeds minder zwaarte-energie en kinetische energie krijgen.

6.5 Wrijvingskrachten

A 41

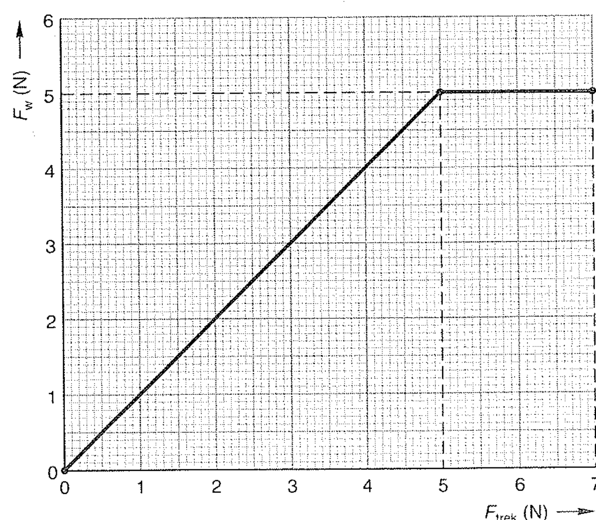
Schuifwrijving (a, b, c, d (voor de afzet), f, h)
Rolwrijving (d, g)
Luchtweerstand (e, h), maar ook wel (f, g)

A 42

a Groter frontaal oppervlak, grotere C_w
b Met borstcrawl ben je meer 'gestroomlijnd', met schoolslag maak je je 'breder'. Het oppervlak, loodrecht op de voortbeweging, is bij de crawl kleiner.
c Rolwrijving is kleiner dan schuifwrijving.
d Zijn functie is te zorgen voor minder wrijving door een betere stroomlijn.

B 43

a 5,0 N
b Zie figuur 6.5.



6.5

A 44

a De waterlaag tussen de banden en de weg verkleint de schuifwrijving. De auto kan gaan glijden, in plaats van rollen over de weg.

b Een olielaag is zeer glad. De schuifwrijving tussen een olielaag en autobanden is zeer klein.
c Er zijn openingen tussen de stenen van de asfaltlaag. Dat betekent een kleiner contactoppervlak, dus minder schuifweerstand.
d Het water verdwijnt in de openingen. Daardoor blijft de wrijving groot.

B 45

De schuifwrijvingskracht:
a = 0 N;
b ... is kleiner of gelijk aan de maximale waarde;
c ... is gelijk aan de maximale waarde;
d ... is gelijk aan de maximale waarde;
e ... is gelijk aan de maximale waarde.

C 46

a $a = F_{res} / m$; $F_{res} = F_z \cdot \sin 53° - F_w$
$a = (0{,}250 \times 9{,}81 \times \sin 53° - 0{,}62) / 0{,}250 = 5{,}4\ m/s^2$
b Als het karretje net niet in beweging komt, is de wrijvingskracht maximaal. De component van de zwaartekracht langs de helling is dan net zo groot. Hieruit kun je de hellingshoek berekenen.
$F_z \cdot \sin \alpha = 0{,}62 \rightarrow \sin \alpha = 0{,}25 \rightarrow \alpha = 15°$

C 47

a Snelheid is maximaal en naar links gericht: het karretje passeert de knik op $t = 2{,}0$ s.
b Vóór $t = 3{,}0$ s:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - (-0{,}60)}{1{,}0} = 0{,}60\ m/s^2$$

Na $t = 3{,}0$ s:

$$a = \frac{0{,}40 - 0}{1{,}0} = 0{,}40\ m/s^2$$

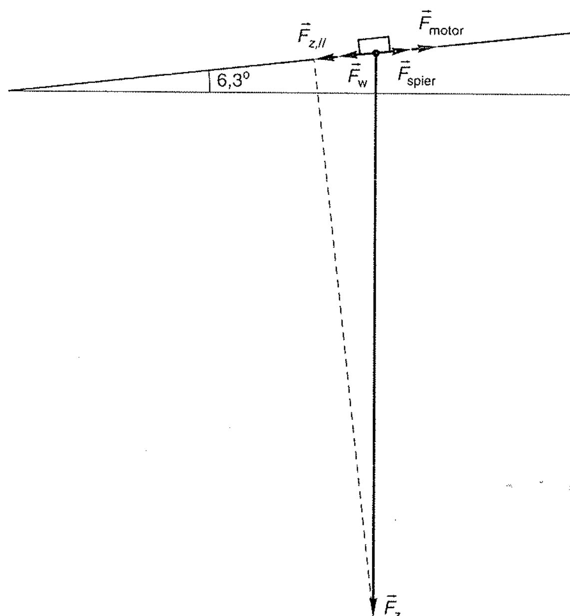
c Vóór $t = 3{,}0$ s is de richting van de component van de zwaartekracht langs de helling gelijk aan de richting van de wrijvingskracht: $F_{res} = F_{z,/\!/} + F_w = 0{,}186 \times 0{,}60 = 0{,}1116$ N.
Na $t = 3{,}0$ s: $F_{res} = F_{z,/\!/} - F_w = 0{,}186 \times 0{,}40 = 0{,}0744$ N;
Dit zijn twee vergelijkingen met twee onbekenden. Trek de vergelijkingen van elkaar af, dan valt $F_{z,/\!/}$ weg. Je houdt over:
$2 \times F_w = 0{,}0372\ N \rightarrow F_w = 0{,}019\ N = 1{,}9 \cdot 10^{-2}$ N

C 48

a Uit het diagram is af te lezen dat de rolwrijvingskracht 100 N bedraagt.
Met de gegeven formule $F_r = 0{,}012 \cdot m \cdot g$ volgt:
$m = 100 / (0{,}012 \times 9{,}81) = 8{,}5 \cdot 10^2$ kg
b – *Gegevens bepalen en sorteren*
Bij $v = 30$ m/s is de luchtwrijvingskracht 470 N;
$\rho = 1{,}29\ kg/m^3$; $A = 2{,}0\ m^2$
– *Formule opschrijven*
$F = ½ \cdot C_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$
– *Invullen en uitrekenen*
$C_w = 2 \cdot F / (A \cdot \rho \cdot v^2) = 2 \times 470 / (2 \times 1{,}29 \times 30^2) = 0{,}40$
(geen eenheid!)
c – *Analyse*
De snelheid is constant, dus de resulterende kracht is nul. De motorkracht en de twee wrijvingskrachten compenseren elkaar. Door eerst de snelheid om te rekenen naar m/s kun je bij de juiste waarde in de grafiek de beide wrijvingskrachten aflezen.
– *Gegevens bepalen*
$F_r = 100$ N en $F_l = 4{,}0 \cdot 10^2$ N
– *Uitrekenen*
Dus: $F_{motor} = 100 + 400 = 5{,}0 \cdot 10^2$ N
d $W = F \cdot s = 500 \times 1{,}0 \cdot 10^3 = 5{,}0 \cdot 10^5$ J
e Totale wrijvingskracht
= rolwrijvingskracht + luchtwrijvingskracht →
$640 = 100 + F_w \rightarrow F_w = 640 - 100 = 540$ N
Aflezen in diagram levert een snelheid op van 32 m/s.

C 49

Zie figuur 6.6. Bekijk de krachten langs het vlak: $F_{/\!/}$, F_w, F_{motor} en F_{spier}.
$F_{/\!/} = 0{,}82 \cdot 10^3 \times 9{,}81 \times 0{,}11 = 0{,}885$ kN
$F_n = F_\perp = F_z \cdot \cos \alpha = 8{,}00$ kN en $F_w = 0{,}152$ kN
Bertha moet, geholpen door de motorkracht (0,82 kN), $F_{/\!/}$ en F_w compenseren. Haar spierkracht is
$0{,}885 + 0{,}152 - 0{,}82 = 0{,}217\ kN \rightarrow 0{,}22$ kN



6.6

B 50

$E_{totaal,1} = E_{totaal,2}$
$E_{z,1} = E_{z,2} + Q$ oftewel $E_{z,1} - E_{z,2} = Q$
$E_{z,1} - E_{z,2} = 70 \times 9{,}81 \times 18 = 12{,}4 \cdot 10^3$ J
$Q = |F_w \cdot s|$
$12{,}4 \cdot 10^3 = F_w \times 1{,}2 \cdot 10^3 \rightarrow F_w = 10$ N

B 51

a 130 km/h = 36,1 m/s en 70 km/h = 19,4 m/s.
Bereken eerst de remkracht op het eerste stuk:
$W = \Delta E_k \rightarrow$
$-F_{rem} \cdot s = ½ \times 320 \cdot 10^3 \times 19{,}4^2 - ½ \times 320 \cdot 10^3 \times 36{,}1^2$
$F_{rem} \times 12{,}5 \cdot 10^3 = 1{,}48 \cdot 10^8 \rightarrow F_{rem} = 1{,}19 \cdot 10^4$ N
b Er wordt kinetische energie omgezet in warmte.
De omgezette kinetische energie is = $1{,}48 \cdot 10^8$ J (zie vraag a).
$Q = |W| = |\Delta E_k| = 1{,}48 \cdot 10^8$ J

C 52

a De totale warmte is $1{,}02 \cdot 10^5 / 0{,}34 = 3{,}0 \cdot 10^5$ J. Tijdens het remmen verdwijnt alle kinetische energie en wordt omgezet in warmte →
$E_k = 3{,}0 \cdot 10^5$ J

b (▸binas) tabel 36-12: de omtrek = $2\pi \cdot r = 2\pi \times 0{,}13 = 0{,}817$ m
De afstand waarover de remkracht werkt is $11 \times 0{,}816 = 9{,}0$ m.

c $Q = F_w \cdot s \rightarrow 1{,}02 \cdot 10^5 = F_w \times 9{,}0 \rightarrow$
$F_w = 1{,}1 \cdot 10^4$ N

B 53

Kijk op de (▸site).

R 54

Vaak is het handig als er geen wrijving is de WBE te gebruiken. De massa valt dan meestal weg.

6.6 Rendement en vermogen

A 55

a $P_{nuttig} = E_{nuttig} / t = 4{,}8 \cdot 10^3 / 15 = 3{,}2 \cdot 10^2$ W

b $\eta = \dfrac{E_{nuttig}}{E_{in}} \times 100\% = \dfrac{4{,}8 \cdot 10^3}{7{,}7 \cdot 10^3} \times 100\% = 62\%$

B 56

a Bij het remmen wordt bewegingsenergie omgezet in warmte. Deze warmte kan niet meer gebruikt worden.
Bij het optrekken, voor het toenemen van de kinetische energie is weer extra brandstof nodig.

b Bij het remmen moet kinetische energie omgezet worden. Probeer dat te doen in een energievorm, waar je later weer kinetische energie van kan maken. (Een oplossing kunnen vliegwielen bieden.)

B 57

a Veerenergie

b Zwaarte-energie

c Meet met een unster de maximale veerkracht (F_v) en de uitrekking u. Pas verder toe $F_v = C \cdot u$ en $E_v = \frac{1}{2}C \cdot u^2$.

$$\eta = \frac{E_{nuttig}}{E_{in}} \times 100\% = \frac{m \cdot g \cdot h}{\frac{1}{2}C \cdot u^2} \times 100\%$$

B 58

a Als $E_k = 0$ is hoogte 1,2 m (lijn 1).

b Dit is een rechte lijn door (0; 0) en (1,2 m; 1,0 J).

c $E_z = m \cdot g \cdot h \rightarrow 1{,}0 = m \times 9{,}81 \times 1{,}2 \rightarrow m = 85$ g

d Door de lijnen van E_k en E_z op te tellen krijg je een horizontale lijn.

e 0,2 J (het verschil van 1,0 en 0,8 J)

f $E_{in} = 1{,}00$ J (E_{kin} vóór het stuiteren)
$E_{nuttig} = 0{,}80$ J (E_{kin} ná het stuiteren)

$$\eta = \frac{E_{nuttig}}{E_{in}} \times 100\% = \frac{0{,}80}{1{,}00} \times 100\% = 80\%$$

A 59

$$\eta = \frac{E_{nuttig}}{E_{in}} \times 100\% = \frac{m \cdot g \cdot h}{\frac{1}{2}m \cdot v^2} \times 100\% = \frac{g \cdot h}{\frac{1}{2}v^2} \times 100\%$$

$$= \frac{9{,}81 \times 2{,}5}{\frac{1}{2} \times 8{,}2^2} \times 100\% = 73\%$$

B 60

a $P_{nuttig} = E_{nuttig} / t = m \cdot g \cdot h / t = 52 \times 9{,}81 \times 7{,}0 / 5{,}2 = 6{,}9 \cdot 10^2$ W

b 23% is haar nuttige energie (= 3571 J) →
spierenergie = $3571 \times (100 / 23) = 1{,}6 \cdot 10^4$ J

B 61

a $E_v = P_v \cdot t = 108 \times 0{,}010 = 1{,}1$ J

b $E_k = 0{,}37 \times 1{,}08 = 0{,}40$ J

C 62

a $E_k = \frac{1}{2}m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 1200 \times 25^2 = 3{,}75 \cdot 10^5$ J
$E_{chem} = 3{,}75 \cdot 10^5 / 0{,}22 = 1{,}705 \cdot 10^6$ J
Per L: 33 MJ = $33 \cdot 10^6$ J $\rightarrow 1{,}705 \cdot 10^6 / 33 \cdot 10^6 = 0{,}052$ L

b $P_{motor} = E_{chem} / t = 1{,}705 \cdot 10^6 / 30 = 57$ kW

C 63

a $E_{k,wind} \rightarrow E_{k,generator} \rightarrow E_{e,generator} + Q \rightarrow$
(oppompen) $E_z + Q \rightarrow$
(opwekken met spaarbekken) $E_{k,water} \rightarrow$
$E_{k,generator} \rightarrow E_{el,generator} + Q$

b – *Analyse*
Het gaat om water met een volume van $55 \cdot 10^6 \times 2{,}0 = 1{,}1 \cdot 10^8$ m³. Om de zwaarte-energie uit te rekenen, heb je de massa van dat water nodig, te berekenen via de dichtheid. De hoogte waarover het water valt is 19 m (op die hoogte zit het zwaartepunt van het water).
– *Formules*
$E_z = m \cdot g \cdot h$ en $m = \rho \cdot V$
– *Gegevens bepalen*
$\rho = 0{,}998 \cdot 10^3$ kg/m³; $V = 1{,}1 \cdot 10^8$ m³; $h = 19$ m
– *Uitrekenen*
$E_z = (0{,}998 \cdot 10^3 \times 1{,}1 \cdot 10^8) \times 9{,}81 \times 19 = 2{,}0 \cdot 10^{13}$ J

c De turbines wekken in 100 uur een elektrische energie op van $2{,}0 \cdot 10^{13} \times 0{,}93 = 1{,}9 \cdot 10^{13}$ J. Dit is een vermogen van $1{,}9 \cdot 10^{13} / 3{,}6 \cdot 10^6 = 5{,}3 \cdot 10^7$ W (= 53 MW).

d In je strategie moet je rekening houden met nieuwe argumenten, de manier waarop je het plan presenteert en de manier waarop je daar politici bij betrekt.

R 64

a Grootheid = getal × eenheid

b – Goede orde van grootte (is het antwoord normaal?)
– Juiste aantal cijfers
– Juiste (SI-)eenheid

c Bereken: formule opschrijven, invullen, uitrekenen en antwoord geven.
Bepaal: Gebruik figuur (aflezen, steilheid, oppervlakte) en bereken vervolgens de gevraagde grootheid.

07 Straling

7.1 Inleiding

A 1

a Een diagnose is een analyse van de kwaal of de ziekte. Je stelt bij een diagnose vast wat de patiënt mankeert.
b Een therapie is de manier van behandelen. Die is er op gericht een patiënt weer gezond te maken.

A 2

- De mensen die de karretjes bedienen, mogen zelf geen straling ontvangen.
- De pijpleidingen zijn vaak niet voor mensen toegankelijk.

B 3

a Moleculen zijn kleine deeltjes;
Elke stof heeft zijn eigen soort moleculen;
Moleculen bewegen;
Er zit ruimte tussen de moleculen;
Moleculen trekken elkaar aan.
b Een klein bolletje?
c Als het atoom te veel energie heeft.
d Als het te veel energie heeft en niet goed in elkaar zit.
e Van een atoom een elektron afhalen
f Het elektron is negatief geladen en het atoom is positief. Het atoom trekt het elektron aan.

B 4

a 19B Elektromagnetisch spectrum;
25 Isotopen;
27G Stralingsbeschermingsnormen;
27H Gezondheidseffecten van straling;
28E Halveringsdikten
b Infrarood (ir), zichtbaar licht, ultraviolet (uv), röntgenstraling, gammastraling
c Hoe groter de frequentie, hoe meer energie
d Ultraviolet heeft in de orde van grootte van 100× zoveel energie als infrarood.

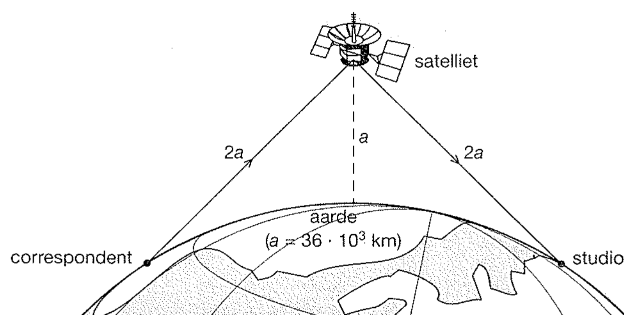
C 5

a $P_{el} = U \cdot I = 230 \times 0{,}280 = 64{,}4$ W
b Met 1 A = 1 C / s volgt $I = 0{,}280$ C / s. Er gaat 0,280 C per seconde door de doorsnede van een draad.
c Elk elektron heeft een lading van $1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C.
d Aantal elektronen per seconde = $0{,}280 / 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 1{,}75 \cdot 10^{18}$

7.2 Licht en fotonen

C 6

a



7.1

b Vaak duurt het even voordat er antwoord wordt gegeven op een gestelde vraag.
c $s = v \cdot t \rightarrow$
$t = s / v = 2 \times 72 \cdot 10^6 / 3{,}00 \cdot 10^8 = 0{,}48$ s

B 7

a Een pakketje stralingsenergie
b $E = h \cdot f = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \times 3{,}23 \cdot 10^{18} = 2{,}14 \cdot 10^{-15}$ J
c Dit is röntgenstraling.
d Golflengte = lichtsnelheid / frequentie = $3{,}00 \cdot 10^8 / 3{,}23 \cdot 10^{18}$ $= 9{,}29 \cdot 10^{-11}$ m $= 929 \cdot 10^{-9}$ m = 929 nm

B 8

a $E_{str} = P_{str} \cdot t = 20 \cdot 10^{-3} \times 1 = 2{,}0 \cdot 10^{-2}$ J
b $E_{str} = h \cdot f = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \times 0{,}50 \cdot 10^{15} = 3{,}315 \cdot 10^{-19} = 3{,}3 \cdot 10^{-19}$ J
$3{,}315 \cdot 10^{-19}$ J $= 3{,}315 \cdot 10^{-19} / 1{,}6 \cdot 10^{-19} = 2{,}1$ eV
c Aantal fotonen per seconde = $2{,}0 \cdot 10^{-2} / 3{,}32 \cdot 10^{-19} = 6{,}0 \cdot 10^{16}$

A 9

a Kwartsglas laat uv-straling door.
b De vrijgemaakte elektronen verliezen dan geen energie door het botsen tegen gasatomen.

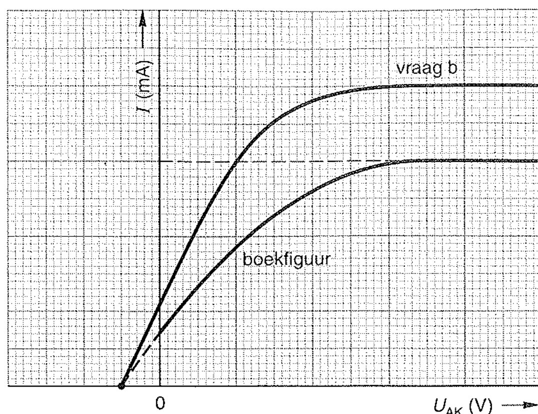
A 10

Eén foton moet voldoende energie hebben om een elektron te 'bevrijden'. Fotonen met een frequentie beneden een bepaalde grens hebben te weinig energie (want $E = h \cdot f$).

A 11

a De straling maakt per seconde een bepaald aantal elektronen vrij. Daarvan komt een deel op de anode en veroorzaakt een fotostroom. Door de spanning te verhogen komen steeds meer vrijgemaakte elektronen per seconde op de anode: de fotostroom neemt toe. Op een gegeven ogenblik komen alle elektronen die op de kathode worden vrijgemaakt op de anode. De fotostroom blijft vanaf dat ogenblik constant.

b Per seconde zullen meer fotonen elektronen vrijmaken: de verzadigingsstroom neemt toe. Zie figuur 7.2.



7.2

B 12

a $Q = I \cdot t = 0{,}10 \cdot 10^{-3}$ C

Aantal elektronen: $0{,}10 \cdot 10^{-3} / 1{,}6 \cdot 10^{-19} = 6{,}3 \cdot 10^{14}$

b $Q = 0{,}45 \cdot 10^{15} \times 1{,}6 \cdot 10^{-19} = 7{,}2 \cdot 10^{-5}$ C

$I = Q / t = 7{,}2 \cdot 10^{-5} / 60 = 1{,}2 \cdot 10^{-6}$ A (1,2 μA)

A 13

a Voor het foto-elektrisch effect moet de frequentie groter zijn dan de grensfrequentie. Volgens ▸binas tabel 24 is de grensfrequentie van calcium $0{,}77 \cdot 10^{15}$ Hz en dat is meer dan $0{,}65 \cdot 10^{15}$ Hz. Er treedt geen foto-emissie op.

b $E = 2{,}2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} = 3{,}52 \cdot 10^{-19}$ J

$E = h \cdot f \rightarrow$

$f = E / h = 3{,}52 \cdot 10^{-19} / 6{,}63 \cdot 10^{-34} = 0{,}53 \cdot 10^{15}$ Hz

Volgens tabel 19 van ▸binas is dit geelgroen licht.

B 14

a Het vermogen is $3{,}6 \times 4{,}2 \cdot 10^{-4} = 1{,}51 \cdot 10^{-3}$ W $= 1{,}51 \cdot 10^{-3}$ J/s

De fotonenergie is $3{,}7 \times 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 5{,}92 \cdot 10^{-19}$ J

Er komen dus $1{,}51 \cdot 10^{-3} / 5{,}92 \cdot 10^{-19} = 2{,}55 \cdot 10^{15} = 2{,}6 \cdot 10^{15}$ fotonen elke seconde op de kathode.

b Per seconde: $I = N \cdot q_{elektron} \rightarrow$

$N = I / q_{elektron} = 63 \cdot 10^{-6} / 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 3{,}9 \cdot 10^{14}$ elektronen per seconde

c Rendement = (aantal elektronen / aantal fotonen) · 100%

$= (3{,}9 \cdot 10^{14} / 2{,}6 \cdot 10^{15}) \times 100\% = 15\%$

C 15

a De fotocel is gevoelig voor uv-straling en die wordt tegengehouden door het glas van de lantaarn.

b Het foto-elektrisch effect treedt niet op bij zichtbare straling. Dan is voor deze fotocel de uittree-arbeid groter dan die van violet licht. Violet licht heeft een frequentie van ongeveer $7{,}89 \cdot 10^{14}$ Hz.

$E = h \cdot f = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \times 7{,}89 \cdot 10^{14} = 5{,}23 \cdot 10^{-19}$ J

Dat is ongeveer 3,3 eV. De fotocel bestaat dus niet uit natrium of cesium, want de uittree-arbeid van deze materialen is kleiner dan 3,3 eV.

c In het spectrum van elke lantaarn komt ir-straling voor. Een installatie met fotocellen die gevoelig zijn voor ir-straling zou door beschijnen met een zaklantaarn omzeild kunnen worden.

B 16

a $E = h \cdot f \rightarrow f = E / h \rightarrow$

$f = 7{,}4 \cdot 10^{-19} / 6{,}63 \cdot 10^{-34} = 1{,}12 \cdot 10^{15} = 1{,}1 \cdot 10^{15}$ Hz

b $E = 7{,}4 \cdot 10^{-19} / 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 4{,}6$ eV

c De energie van de fotonen van zichtbaar licht loopt van 1,65 eV tot 3,26 eV. Deze straling is dus niet zichtbaar.

d Massa elektron: $9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg (▸binas tabel 7)

De kinetische energie van het vrijgemaakte elektron is $8{,}6 \cdot 10^{-19} - 7{,}4 \cdot 10^{-19} = 1{,}2 \cdot 10^{-19}$ J

Met $E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ volgt:

$v^2 = 2 \times E / m = 2 \times 1{,}2 \cdot 10^{-19} / 9{,}11 \cdot 10^{-31} \rightarrow v = 5{,}1 \cdot 10^5$ m/s

7.3 Emissiespectra en het atoom

A 17

a In de grondtoestand is de energie van het atoom het kleinst. Het kan geen energie afstaan in de vorm van straling.

b Een atoom is geïoniseerd als het een of meer elektronen verloren heeft.

c In de aangeslagen toestand heeft een elektron energie opgenomen en is in een hogere baan terechtgekomen.

B 18

a Dit is de energie die nodig is om een elektron uit een atoom te halen.

b $13{,}6 \text{ eV} = 13{,}6 \times 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 2{,}2 \cdot 10^{-18}$ J

B 19

a Een atoom bestaat uit een kleine, positief geladen kern met daaromheen in *bepaalde* banen negatief geladen elektronen. Elektronen kunnen in deze banen geen energie uitzenden. Elektronen kunnen alleen naar een hogere baan gaan als ze precies de juiste energie opnemen. Bij het terugvallen naar een lagere baan zendt het elektron een foton uit.

b Het buitenste elektron wordt niet alleen aangetrokken door de positieve kern, maar ook afgestoten door andere elektronen.

Een andere verklaring kan zijn dat het model van Bohr ook niet helemaal klopt.

B 20

a Door verwarming van de kathode

b In aangeslagen toestand valt het terug naar de grondtoestand en zendt een of meer fotonen uit.

c Die energie moet precies even veel zijn als het verschil tussen de huidige baan en de baan waar het elektron naartoe springt. In dit geval precies de energie tussen de grondtoestand en de derde aangeslagen toestand.

d Het elektron komt weer in een lagere baan door het uitzenden van een foton. Het atoom zendt licht uit.

e 1 de frequentie die hoort bij het terugvallen van de derde aangeslagen toestand naar de grondtoestand;
2 Als het elektron terugvalt van de derde aangeslagen toestand naar de eerste aangeslagen toestand.
3 En daarna terugvalt naar de grondtoestand;
4 Als het elektron terugvalt naar de tweede aangeslagen toestand;
5 En daarna meteen terugvalt naar de grondtoestand;
6 Of van de tweede aangeslagen toestand naar de eerste aangeslagen toestand valt.

A 21

a $E = 3{,}4 \cdot 10^{-19} / 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 2{,}25 = 2{,}3$ eV
b 2,3 eV = $3{,}4 \cdot 10^{-19}$ J
c $f = E / h = 3{,}4 \cdot 10^{-19} / 6{,}63 \cdot 10^{-34} = 5{,}1 \cdot 10^{14}$ Hz

B 22

a Blauw – violet (▸binas tabel 19A)
b $E = h \cdot f = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \times 0{,}69 \cdot 10^{15} = 4{,}6 \cdot 10^{-19}$ J

B 23

a $\Delta E = h \cdot f = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \times 4{,}9 \cdot 10^{15} = 3{,}25 \cdot 10^{-19}$ J →
$\Delta E = 3{,}38 \cdot 10^{-19} / 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 2{,}10$ eV
b $f = \Delta E / h = 4{,}9 \times 1{,}60 \cdot 10^{-19} / 6{,}63 \cdot 10^{-34} = 1{,}2 \cdot 10^{15}$ Hz
c $E = 10{,}20$ eV = $1{,}632 \cdot 10^{-18}$ J
$f = E / h = 1{,}632 \cdot 10^{-18} / 6{,}63 \cdot 10^{-34} = 2{,}46 \cdot 10^{15}$ Hz

C 24

a Een signaal dat oneindig veel waarden aan kan nemen
b Een signaal dat een beperkt aantal waarden aan kan nemen
c Bij elk onderdeel van dat spectrum hoort een foton van een bepaalde energie. De energie van fotonen kan oneindig veel waarden hebben.
d Bij elke lijn hoort een foton van een bepaalde energie. De energie van fotonen kan slechts een beperkt aantal waarden hebben.
e Een atoom kan in een beperkt aantal aangeslagen toestanden verkeren. Deze toestanden kenmerken zich door een bepaalde energie. De energie van het atoom is dus discreet.

7.4 Absorptiespectra en fluorescentie

A 25

Het grootste deel van de verschillende fotonen (verschillende kleuren) uit een gloeilamp gaan ongehinderd door de vlam heen en komen op het scherm. Een deel van de fotonen (één kleur!) wordt in de vlam geabsorbeerd en vervolgens naar alle kanten uitgezonden. Laat je licht uit een natriumlamp op de vlam vallen, dan worden juist veel fotonen geabsorbeerd. Er komen uit de vlam veel minder fotonen op het scherm. Langs de vlam gaan de fotonen ongehinderd. De vlam is dus veel donkerder. Dat zie je als een schaduw.

B 26

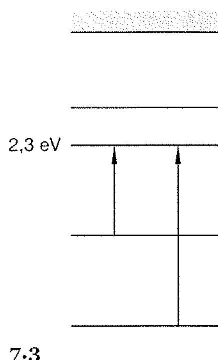
a De lijnen zijn zo intens dat ze voor ons oog in elkaar overlopen.
b Het licht dat van de zon in die situatie de aarde bereikt, is dat van de corona. Dat is bijzonder zwak in vergelijking met de normale situatie. De lijnen lopen dan niet in elkaar over. De donkere lijnen zijn dan zichtbaar.

A 27

De oppervlaktetemperatuur en de samenstelling van de buitenste laag

B 28

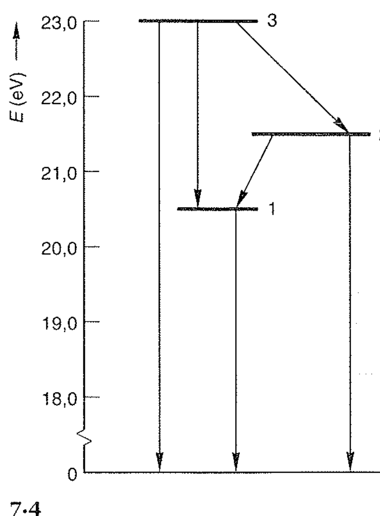
a Kleinste frequentie → kleinste energieverschil, dus van de derde naar de tweede aangeslagen toestand
b Uit de figuur volgt $\Delta E = 3{,}0$ eV – 2,3 eV = 0,7 eV
$f = \Delta E / h = (0{,}7 \times 1{,}60 \cdot 10^{-19}) / 6{,}63 \cdot 10^{-34} = 1{,}6 \cdot 10^{14}$ Hz
c Zichtbare straling bevat fotonen met energieën tussen 1,6 eV en 3,2 eV. Dat is minder dan de 3,9 eV die voor ionisatie nodig is.
d Zie figuur 7.3.



7.3

C 29

a $\Delta E = 21{,}3 - 20{,}6 = 0{,}7$ eV →
$\Delta E = 0{,}7 \cdot 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 1{,}02 \cdot 10^{-19}$ J
$f = \Delta E / h = 1{,}02 \cdot 10^{-19} / 6{,}63 \cdot 10^{-34} = 1{,}54 \cdot 10^{14}$ Hz
Dit is minder dan de grensfrequentie, dus de fotocel zal niet werken.
b Zie figuur 7.4: zes overgangen



7.4

c $E_f = 20{,}6 \cdot 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 3{,}30 \cdot 10^{-18}$ J en
$E_g = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \times 3{,}0 \cdot 10^{15} = 1{,}99 \cdot 10^{-18}$ J
$E_k = E_f - E_g = 1{,}31 \cdot 10^{-18}$ J

B 30

a $\Delta E = 7{,}74 - 4{,}89 = 2{,}85$ eV →
$\Delta E = 2{,}85 \times 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 4{,}56 \cdot 10^{-19}$ J
$f = \Delta E / h = 4{,}56 \cdot 10^{-19} / 6{,}63 \cdot 10^{-34} = 6{,}88 \cdot 10^{14}$ Hz

b $E = 4{,}89$ eV
Volgens (▸binas) tabel 19A is dat niet zichtbaar.

C 31

a Voordelen: zuinig in gebruik; lange levensduur;
Nadelen: kleur van het licht 'hard'; milieuonvriendelijk (giftig kwik).
b Het knippen van een uv-foton in twee 'zichtbare' fotonen; het ontwikkelen van een nieuw materiaal dat kwik vervangt.
c Kwik
d Door een foton 'door midden te knippen' krijg je twee fotonen met beide de helft van de energie en dus de helft van de frequentie. Maar die fotonen zijn ook onzichtbaar: onder $4{,}00 \cdot 10^{14}$ Hz wordt het ir-straling.
e $E = h \cdot f = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \times 1{,}74 \cdot 10^{15} = 1{,}15 \cdot 10^{-18}$ J

B 32

Bij fluorescentie komen 'zichtbare' fotonen vrij met een energie die kleiner is dan die van de opvallende straling. Ir-straling vertegenwoordigt minder energie dan zichtbare straling en kan dus niet gebruikt worden voor fluorescentie.

7.5 Radioactiviteit en röntgenstraling

B 33

Dit is een discussievraag. De natuurkundige antwoorden op deze vraag vind je terug bij de vragen en opdrachten van paragraaf 7.8.

A 34

a Uit zichzelf stralend
b De bron
c Nee: er worden geen radiumstralen uitgestuurd.

B 35

a Atoomkernen met hetzelfde aantal protonen; het aantal neutronen is anders.
b Een kern blijft bestaan; hij verandert niet.
c 6 protonen en 6 neutronen
d 6 protonen, 8 neutronen en 6 elektronen
e ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{14}_{7}N$

B 36

a Gewogen gemiddelde: $(0{,}75 \times 35) + (0{,}25 \times 37) = 35{,}5$
b Op grond van hun (verschillende) massa
c Dit is een natuurkundige scheidingsmethode.

B 37

a (▸binas) tabel 25: U-238 is een α-straler (ook γ-straling)
$${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{234}_{90}Th + \gamma$$
(▸binas) tabel 25: Th-234 is een β-straler (ook γ-straling)
$${}^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{234}_{91}Pa + \gamma$$
(▸binas) tabel 25: Pa-234 is een β-straler
$${}^{234}_{91}Pa \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{234}_{92}U$$
(▸binas) tabel 25: U-234 is een α-straler
$${}^{234}_{92}U \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{230}_{90}Th$$
De kernen zijn: Th-234; Pa-234; U-234 en Th-230
b Volgens (▸binas) tabel 25 ontstaat uit Ra-226 door tweemaal α-verval een kern Po-218.

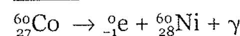
C 38

a (▸binas) tabel 7 of 6: 1 u = $1{,}66054 \cdot 10^{-7}$ kg
b α-deeltje is een helium*kern*.
Massa kern = massa atoom minus massa elektronen
Massa elektron: $5{,}4858 \cdot 10^{-4}$ u ((▸binas) tabel 7)
$m_\alpha = 4{,}002603 - 2 \times 5{,}4858 \cdot 10^{-4}$ u $= 4{,}001506$ u
$m_\alpha = 4{,}001506 \times 1{,}66054 \cdot 10^{-27} = 6{,}64466 \cdot 10^{-27}$ kg

B 39

a (▸binas) tabel 25: I-131 is een β-straler (met γ-straling)
$${}^{131}_{53}I \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{131}_{54}Xe + \gamma$$
b (▸binas) tabel 25: Po-210 is een α-straler (met γ-straling)
$${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb + \gamma$$
c (▸binas) tabel 25: Be-8 is een (dubbele) α-straler
$${}^{8}_{4}Be \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{4}_{2}He$$

B 40



${}^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{60}_{28}Ni + \gamma$

C 41

a ${}^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{137}_{56}Ba$
${}^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{137}_{56}Ba + \gamma$
b $E = 1{,}18 \cdot 10^{6} - 0{,}54 \cdot 10^{6} = 0{,}64 \cdot 10^{6}$ eV $= 1{,}03 \cdot 10^{-13}$ J
$f = E / h = 1{,}03 \cdot 10^{-13} / 6{,}63 \cdot 10^{-34} = 1{,}55 \cdot 10^{20}$ Hz

B 42

a Neerslag uit een wolk van radioactief (bom-)materiaal
b 1 Kosmos: natuurlijk, uitwendig
2 Kerncentrale: kunstmatig, uitwendig en inwendig
3 Rotsen: natuurlijk, uitwendig
4 Medische behandeling: kunstmatig, meestal uitwendig
5 Voedsel: natuurlijk, inwendig
6 Atoombom: kunstmatig uitwendig en inwendig
c Omdat de straling via omwegen (als gas of fijn stof via de atmosfeer) mensen bereikt.
d De atmosfeer zorgt voor steeds zwakkere straling.

B 43

a Deze energie wordt omgezet in warmte waardoor de temperatuur van de anode sterk zal stijgen.
b Goede trefkans en de warmte kan zich verspreiden.
c De temperatuur kan het smeltpunt van het anodemateriaal naderen.

B 44

a Bij γ-straling hebben alle fotonen dezelfde energie, bij röntgenstraling niet. Bij röntgenstraling is er een maximale fotonenergie.
b Maximale frequentie → maximale energie
$f = E / h = 35 \cdot 10^{-15} / 6{,}63 \cdot 10^{-34} = 5{,}2 \cdot 10^{19}$ Hz
c $f = E / h = 188 \cdot 10^{-15} / 6{,}63 \cdot 10^{-34} = 2{,}8 \cdot 10^{20}$ Hz

C 45

a $E_k = 0{,}018$ MeV $= 0{,}018 \times 1{,}60 \cdot 10^{-13} = 2{,}88 \cdot 10^{-15}$ J
b (▸binas) tabel 25: H-3 is een β-straler
$${}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{3}_{2}He$$
c Massa elektron: $9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg ((▸binas) tabel 7)
Met $E = ½m \cdot v^2$ volgt:
$v^2 = 2 \times E / m = 2 \times 288 \cdot 10^{-15} / 9{,}11 \cdot 10^{-31} \rightarrow$
$v = 5{,}6 \cdot 10^{7}$ m/s

7.6 Waarnemen van ioniserende straling

A 46

1 Fotografische platen: eenvoudige apparatuur; het duurt een tijd voordat het papier ontwikkeld is.
2 Badge; klein, makkelijk mee te nemen; moet eerst ontwikkeld worden voordat je de stralingsbelasting weet.
3 Geigerteller: snel meten of er ioniserende straling aanwezig is; hoge spanning nodig
4 Bellen- of nevelvat: baan van deeltjes zichtbaar te maken; groot en duur apparaat
5 Dradenkamer: plaats en energie deeltjes te meten; hoge spanning, ingewikkeld en duur apparaat

A 47

a γ-straling
b Verminder de meetresultaten van achtergrond + bron met die van de achtergrond alleen.

A 48

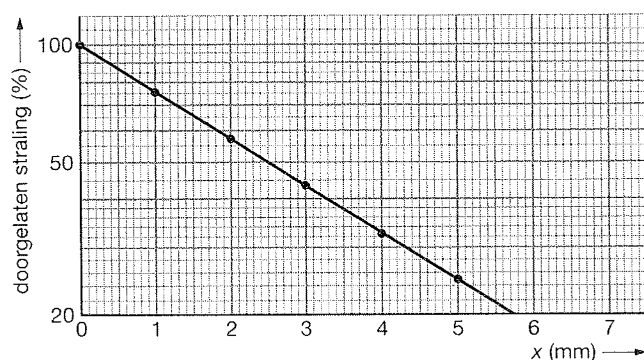
Zie figuur 7.5.

soort straling	ioniserend vermogen	doordringend vermogen	dracht	snelheid bij binnendringen
α	+++	+		neemt af
β	+++	++	+	neemt af
γ	+	+++	+++	blijft gelijk
röntgen	+	++	++	blijft gelijk

7.5

B 49

a 51 deeltjes per 30 s geteld
b Verminder alle gegevens met 51. Bereken het aantal fotonen, in procenten van de opvallende bundel: 100, 76, 58, 44, 33, 25.
c Zie figuur 7.6.



7.6

d 2,55 → 2,6 mm
e Door een papiertje in de bundel straling te houden en kort bij de bron te meten. Meet je dan aanzienlijk minder pulsen, dan is er sprake van α-straling; anders niet.
f De andere γ-bron zendt fotonen met een andere fotonenergie uit. De halveringsdikte hangt af van de fotonenergie. Zie figuur 7.39 in het leerboek.
g Omdat lood het beste γ-straling tegenhoudt.

A 50

a α- en β-straling omdat deze een kleine dracht hebben
b Afstand houden tot de bron (pincet gebruiken) en de tijd dat je met ioniserende straling in aanraking bent zo kort mogelijk houden

B 51

a $1{,}6 \cdot 10^{-12}$ / $1{,}60 \cdot 10^{-13} = 1{,}0 \cdot 10^{1}$ MeV
b Een halveringsdikte van 1,2 cm hoort volgens ▸binas tabel 99D bij lood.
c Na drie keer de halveringsdikte is nog 12,5% over; dus na $3 \times 1{,}2 = 3{,}6$ cm
d Gebruik $I(x) = I_0 \cdot (½)^{x/d_{½}}$ met $x = 1{,}6$ cm en $d_{½} = 1{,}20$ cm;
$I(x) = I_0 \cdot (½)^{1{,}33/d_{½}} = I_0 \times 0{,}40 \rightarrow$
60% is geabsorbeerd.

B 52

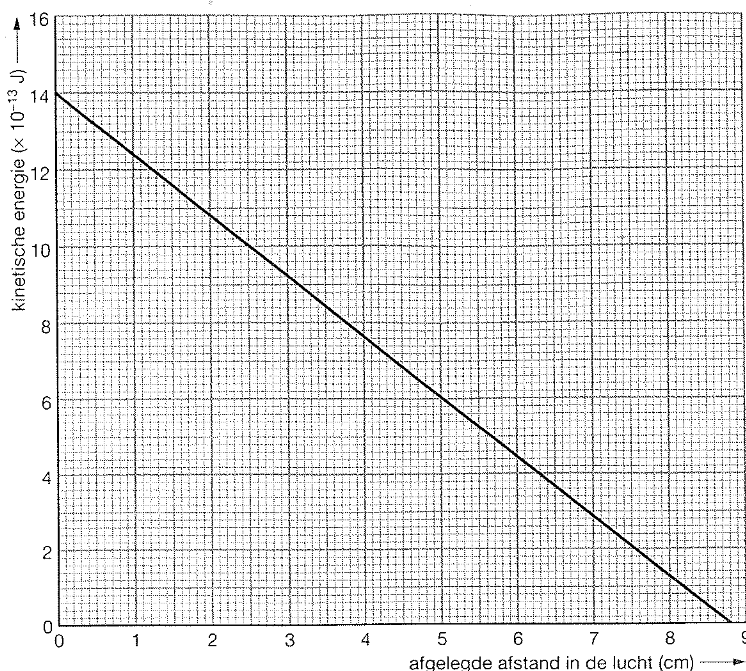
a Gebruik $I(x) = I_0 \cdot (½)^{x/d_{½}}$ met $I(x) = 0{,}80 \cdot I_0$ en $x = 3{,}3$ cm →
$0{,}80 = 0{,}5^{3.3/d_{½}}$
$\log 0{,}5^{3.3/d_{½}} = \log 0{,}8 \rightarrow 3{,}3 / d_{½} \cdot \log 0{,}5 = \log 0{,}8$
$3{,}3 / d_{½} = \log 0{,}5 / \log 0{,}8 = 0{,}322 \rightarrow$
$d_{½} = 3{,}3 / 0{,}322 = 10$ cm
b De fotonen dringen niet zo ver door.
Zo'n opstelling is al gauw te groot in de pijp.

C 53

a Sandra kan onderzoeken of de uitslag ook afneemt als er geen bron in de buurt is.
b Als de positieve α-deeltjes op de elektroscoop komen, zou de uitslag juist moeten toenemen. Dat gebeurt niet, dus de veronderstelling van Sandra is onjuist.
c De α-deeltjes ioniseren de atomen die in lucht zitten. De positieve ionen worden afgestoten door de knop. De negatieve elektronen worden aangetrokken. Deze komen op de knop en compenseren (gedeeltelijk) de positieve lading. De uitslag neemt af.

C 54

a Zie figuur 7.7. Enkele punten in het E_k,x-diagram:
$E_k = 1{,}4 \cdot 10^{-12} = 14 \cdot 10^{-13}$ J bij 0 cm en
$E_k = 0{,}6 \cdot 10^{-12} = 6{,}0 \cdot 10^{-13}$ J bij 5 cm
b Gebruik $E_k = ½ m \cdot v^2$ met $m_\alpha = 6{,}64466 \cdot 10^{-27}$ kg (zie opdracht 38)
$v^2 = 2 \times 1{,}4 \cdot 10^{-12} / 6{,}64466 \cdot 10^{-27} \rightarrow v = 2{,}1 \cdot 10^{7}$ m/s
c Aflezen bij $E_k = 0$: dracht = 8,8 cm
(controle: $1{,}4 \cdot 10^{-12} / 1{,}6 \cdot 10^{-13} = 8{,}8$ cm)
d dracht = $6{,}7 \cdot 10^{-13} / 1{,}6 \cdot 10^{-13} = 4{,}2$ cm
e aantal ionisaties = $1{,}6 \cdot 10^{-13} / 5{,}4 \cdot 10^{-18} = 3{,}0 \cdot 10^{4}$



7.7

7.7 Verval van actieve kernen

A 55

De straling die je meet (gecorrigeerd voor de achtergrondstraling), het aantal radioactieve kernen, het aantal deeltjes dat per seconde wordt uitgezonden.

B 56

a Moederkernen: dat zijn kernen van de radioactieve stof. Dochterkernen: dat zijn de kernen die na het uitzenden van een stralingsdeeltje over blijven.

b Gebruik $N(t) = N_0 \cdot (½)^{t/t_{½}}$ met $t_{½} = 2,7$ minuut; $t = 6,0$ minuut en $N_0 = 3,4 \cdot 10^{29}$
$N(6) = 3,4 \cdot 10^{29} \times 0,5^{6/2,7} = 7,3 \cdot 10^{28}$

c Het aantal dochterkernen is gelijk aan het aantal verdwenen moederkernen.
Eerst het aantal overgebleven moederkernen berekenen.
Gebruik $N(t) = N_0 \cdot (½)^{t/t_{½}}$ met $t_{½} = 2,7$ minuut; $t = 10$ minuut en $N_0 = 3,4 \cdot 10^{29}$
$N(10) = 3,4 \cdot 10^{29} \times 0,5^{10/2,7} = 2,6 \cdot 10^{28}$
Aantal dochterkernen = $3,4 \cdot 10^{29} - 2,6 \cdot 10^{28} = 3,1 \cdot 10^{29}$

d Gebruik $N(t) = N_0 \cdot (½)^{t/t_{½}}$ met $t_{½} = 2,7$ minuut en $N(t) = 0,001 \cdot N_0$
$0,001 = 0,5^{t/2,7}$
$\log (0,5^{t/2,7}) = \log 0,001 \rightarrow$
$(t / 2,7) \cdot \log 0,5 = \log 0,001 \rightarrow$
$t = 27$ minuut $\rightarrow t = 0,45$ h

B 57

a In 10 s bedraagt de achtergrondstraling 5 / 3 = 1,67 (2 deeltjes).
Ten gevolge van de bron vallen er op de buis 61 – 2 = 59 deeltjes in 10 s. Per seconde dus gemiddeld 5,9 deeltjes.

b 5,9 deeltjes is 2,5%
$100\% = (5,9 / 2,5) \times 100\% = 236 = 2,4 \cdot 10^2$

c Een ioniserend deeltje veroorzaakt een lawine en dat meet je als een stroomstootje. Als er al een lawine aan de gang is, komen er alleen wat extra ionen bij.

d De bron straalt naar alle kanten deeltjes uit. Alleen de deeltjes die op het scherm van de teller vallen kunnen geteld worden.

e 236 = 1,2%; Per seconde dus $(236 / 1,2) \times 100\% = 1,97 \cdot 10^4 = 2,0 \cdot 10^4$ deeltjes.

C 58

a (▸binas) tabel 25: $^{12}_{6}C$

b $^{14}_{6}C \rightarrow ^{0}_{-1}e + ^{14}_{7}N$

c Als het organisme dood is, verdwijnt C-14 uit het kadaver. De verhouding C-14 : C-12 wordt kleiner.

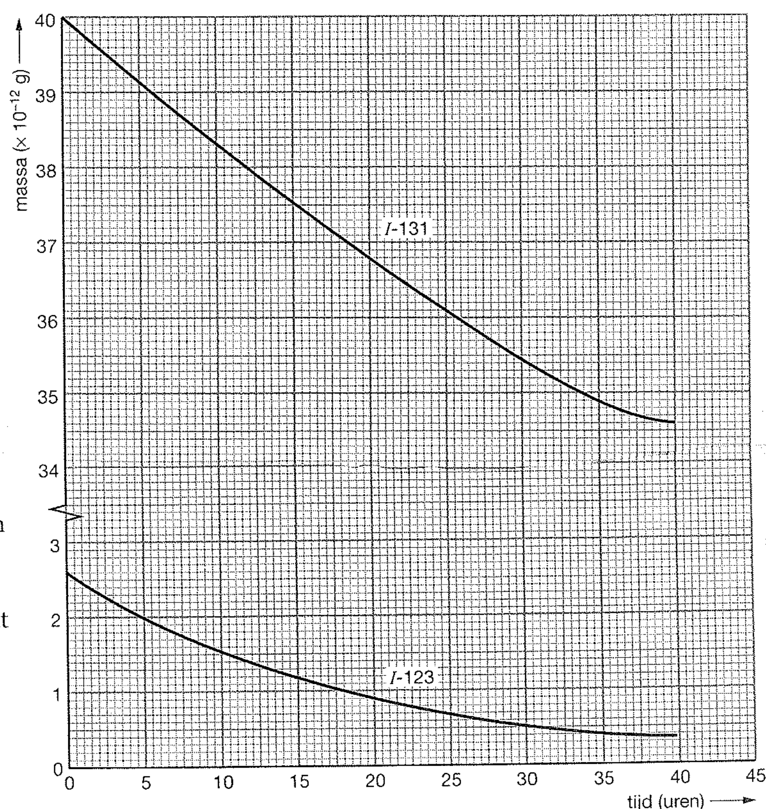
d Nog over: 0,18 / 0,23 = 0,61 = 78%
Vervallen: 100 – 78 = 22%

e Gebruik $N(t) = N_0 \cdot (½)^{t/t_{½}}$ met $t_{½} = 5730$ jaar en $N(t) = 0,78 \cdot N_0$
$0,78 = 0,5^{t/5730} \rightarrow \log 0,5^{t/5730} = \log 0,78 \rightarrow$
$t / 5730 = \log 0,78 / \log 0,5 = 0,35 \rightarrow t = 2,1 \cdot 10^3$ jaar

C 59

a Halveringstijd I-123: 0,55 dag; halveringstijd I-131: 8,0 dag

b Zie figuur 7.8.



7.8

c Bij hetzelfde aantal kernen is de halveringstijd van I-123 circa 15× zo klein als die van I-131. Dan heb je om per seconde hetzelfde aantal deeltjes te krijgen 15× zo weinig nodig.

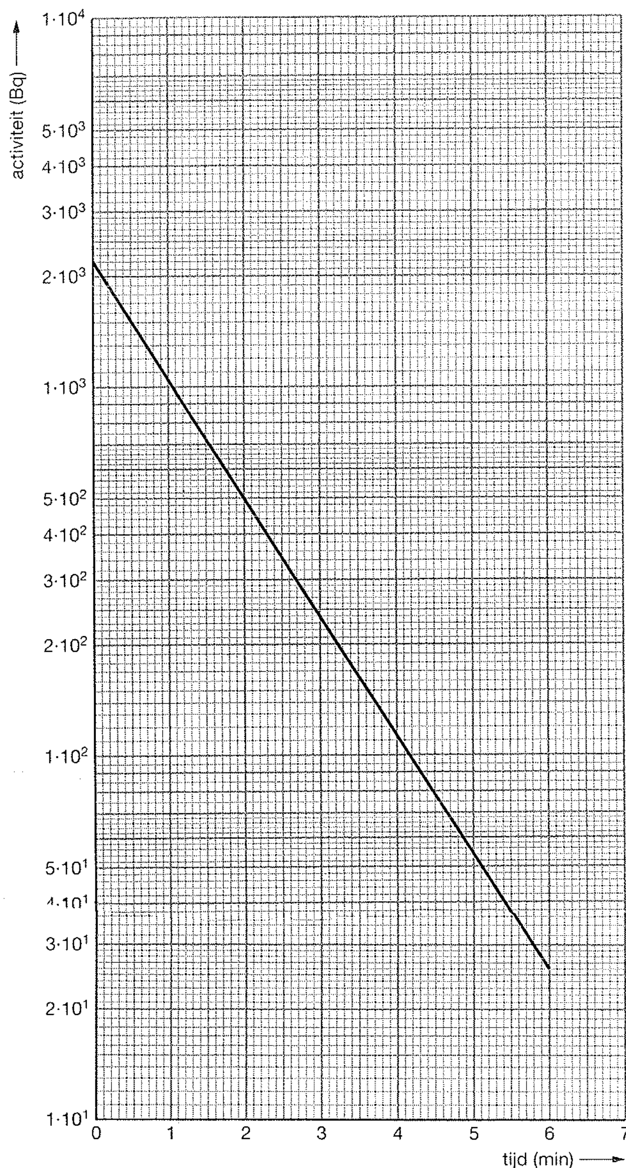
d Na 5,0 h is nog $39,4 \cdot 10^{-12}$ g over $\rightarrow$
er is $4,0 \cdot 10^{-11} - 39,4 \cdot 10^{-12} = 6,0 \cdot 10^{-13}$ g vervallen.

e Na 5,0 h is nog $2,0 \cdot 10^{-12}$ g over;
er is dus $2,6 \cdot 10^{-12} - 2,0 \cdot 10^{-12} = 6,0 \cdot 10^{-13}$ g vervallen.

f Na 5 h is er bij gebruik van I-123 20× zo weinig radioactief jood over in het lichaam.
Bovendien hebben de fotonen van I-123 minder dan de helft van de energie die de fotonen bij verval van I-131 krijgen.

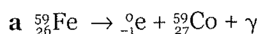
C 60

a Hoe verder je van de bron meet, hoe minder deeltjes op de teller vallen.
b Van elke waarneming 165 / 15 = 11 aftrekken
c Zie figuur 7.9.

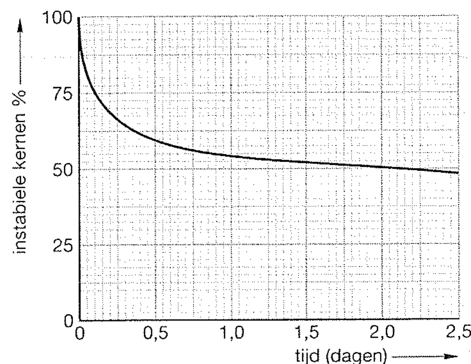


7.9

d Bepaal bijvoorbeeld 4× de halveringstijd (van $2 \cdot 10^3$ naar 125).
Dat duurt 3,75 minuut = 225 s; $t_{1/2}$ = 225 / 4 = 56 s



a $^{59}_{26}Fe \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{59}_{27}Co + \gamma$
b Gebruik $N(t) = N_0 \cdot (1/2)^{t/t_{1/2}}$ met $t_{1/2}$ = 45 dag; t = 2,5 dag
Na 45 dagen is nog $(1/2)^{t/t_{1/2}} \times 100\%$ = 96% Fe over.
c Je begint met 100% (50% Fe + 50% Mn). Na 2,5 dag is vrijwel al het Mn verdwenen en nog 48% (= 96% van 50%) Fe over. Zie figuur 7.10.



7.10

d Na enkele dagen is er alleen nog maar Fe over. Grafiek extrapoleren; een punt kiezen en aflezen na hoeveel tijd nog de helft van dat deel over is.
e Van alle metingen de bijdrage van Fe afhalen. Daarna aflezen wanneer 50% van Mn over is.

7.8 Stralingseffecten

A 63

a 2 mSv
b 1 mSv
c Personen die door hun werk met ioniserende straling meer dan 1 mSv extra stralingsdoses oplopen. In Nederland is hun jaarlimiet 20 mSv.

B 64

Op zee komt minder stof voor, dus ook minder radioactieve stoffen.

B 65

a Therapie betekent behandelingswijze (door middel van straling) en diagnose betekent opsporen en vaststellen door middel van straling.
b Bij therapie moeten sommige cellen juist vernietigd worden en is een hoge dosis vereist. Bij diagnose kan de dosis om iets te ontdekken heel klein zijn.

C 66

a Er is een bepaalde geabsorbeerde dosis nodig. Het aantal te bestralen kg erbij legt de vereiste stralingsenergie vast.
b Omdat elk voedsel zijn eigen geabsorbeerde dosis heeft door de typische soort cellen in het voedsel en de mogelijke ziekteverwekkers.
c Met de snelheid van de lopende band. Dat legt de hoeveelheid stralingsenergie vast die een aantal kg voedsel kan ontvangen.
d Het soort voedsel en de massa van het voedsel, gezien in de richting van de bundel. De massa is te bepalen met een weeginrichting.

e Je kunt absorberende plaatjes in de bundel plaatsen.
f Conserven kunnen allergie en bijwerkingen geven (wellicht kankerverwekkende conserveringsmiddelen)
g Er moet wel een dure, veilige installatie gebouwd worden.

B 67

Dit is een discussievraag.

A 68

a Voorkomen van besmetting: aan de handen kunnen kleine stukjes radioactief materiaal zijn blijven zitten. Door bijvoorbeeld likken wordt een stukje in het lichaam opgenomen.
b Alle extra doses door α-straling worden inwendig opgenomen. Er is geen uitwendige opname omdat α-straling nauwelijks door lucht komt.

B 69

a $H = Q \cdot D$
Voor röntgenstraling $Q = 1 \rightarrow$
$D = H = 0{,}40$ mGy $= 4{,}0 \cdot 10^{-4}$ Gy
b $D = E / m \rightarrow$
$E = m \times D = 1{,}2 \times 4{,}0 \cdot 10^{-4} = 4{,}8 \cdot 10^{-4}$ J
aantal fotonen $= 4{,}8 \cdot 10^{-4} / 8{,}0 \cdot 10^{-15} = 6{,}0 \cdot 10^{10}$

B 70

a $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow {}^{0}_{-1}\text{e} + {}^{131}_{54}\text{Xe} + \gamma$
b Na al die tijd in een diepvries is inderdaad de activiteit gezakt tot beneden de wettelijke grens. Het zou dus mogen en kunnen. Het is wel te hopen dat niet iedereen heel veel van die goedkope diepvriesspinazie gaat eten.
c D = opgenomen energie / massa; $D = 5{,}9$ µGy;
$m = 0{,}024$ kg $\rightarrow$ opgenomen energie $= 1{,}4 \cdot 10^{-7}$ J
d De energie die het kind opneemt, zal 15 / 22 bedragen van de energie van een volwassene $\rightarrow$ $9{,}65 \cdot 10^{-8}$ J
$D = 9{,}65 \cdot 10^{-8} / 0{,}015 = 6{,}4 \cdot 10^{-6}$ Gy
Alternatief
$D = (15 / 22) \times (24 / 15) \times 5{,}9 \cdot 10^{-6} = 6{,}4 \cdot 10^{-6}$ Gy
e Er geldt $H = Q \cdot D$. De stralingsweegfactor van fotonen en β-straling is 1.
f Op jaarbasis wordt opgebouwd:
$365 \times 5{,}9 \cdot 10^{-7} = 0{,}22$ mSv. Dit is minder dan 1 mSv de jaarlijkse norm voor blootstelling aan 'kunstmatige' stralingsbelasting.

R 71

Zie figuur 7.11.

bron	straling	ontvanger
radioactief	ioniserende straling	ioniserende straling
tracer besmetting	(bestraling)	bestraling GM-teller
halveringstijd	dracht halveringsdikte halveringstijd	dracht halveringsdikte
		voedseldoorstraling geabsorbeerde dosis

7.11

R 72

Voorbeeld van goede antwoorden
a Ja (therapie)
b Ja (grote dosis, kans op kanker) / Nee (therapie, diagnose)
c Nee (geen besmetting)
d Patiënt neemt wel een dosis op. Weegt niet op tegen het voordeel, genezing.

C 73

Dit is een discussievraag.

08 Elektromagnetische velden

8.1 Inleiding

A 1

a Plus- en minpool
b Ja
c Twee
d Q
e C (coulomb)
f Niets
g Ja

A 2

a Noord- en zuidpool
b Nee
c Twee
d Je krijgt twee kleine staafmagneten met elk twee polen.
e Nee
f Magnetische polen

B 3

a Wind koperdraad om een klos en verbind de uiteinden met een batterij.
b Uitzetten, ompolen, sterker of zwakker maken

B 4

a De stroomsterkte is de lading die per seconde een doorsnede van een draad passeert.
b De elektronenstroom heeft de tegengestelde richting als de elektrische stroom.
c $I = Q / t \rightarrow$
$Q = I \cdot t = 1{,}3 \cdot 10^{-3} \times 8{,}2 = 1{,}1 \cdot 10^{-2}$ C
d Lading elektron = $-1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C
e $N = Q_{totaal} / Q_{elektron} = 1{,}066 \cdot 10^{-2} / 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 6{,}7 \cdot 10^{16}$
f Spanning is de energie die elke seconde aan 1 A wordt meegegeven
óf
Spanning is het vermogen dat aan 1 C wordt meegegeven.
g $P_{el} = U \cdot I = 6{,}0 \times 1{,}3 \cdot 10^{-3} = 7{,}8 \cdot 10^{-3}$ W
h $E_{el} = P_{el} \cdot t = 7{,}8 \cdot 10^{-3} \times 8{,}2 = 6{,}4 \cdot 10^{-2}$ J

C 5

a $P_{el} = U \cdot I = 560 \times 1{,}8 = 1{,}0$ kW
b –
c Bij parallel geschakelde componenten is de totale stroomsterkte de som van de deelstromen. Zo kun je bij 60 V met een grote hoofdstroom bij een kleine spanning ook een groot elektrisch vermogen krijgen.
d $P_{rog} = P_{aal} = U_{rog} \cdot I_{rog} = U_{aal} \cdot I_{aal} \rightarrow$
$60 \times I_{rog} = 560 \times 1{,}8 \rightarrow I_{rog} = 17$ A

8.2 Het elektrische veld

A 6

a Het veld is homogeen, dus overal even sterk.
b Voorvoegsel n = nano = 10^{-9} en μ = micro = 10^{-6}
c $\vec{\mathscr{E}} = F_{el} / q = 2{,}7 \cdot 10^{-6} / 6{,}0 \cdot 10^{-9} = 4{,}5 \cdot 10^{2}$ N/C
d In een homogeen veld zijn veldkracht en lading recht evenredig. De lading is 3× zo klein, dus de veldkracht ook →
$F = 2{,}7 / 3 = 9{,}0 \cdot 10^{-4}$ N

A 7

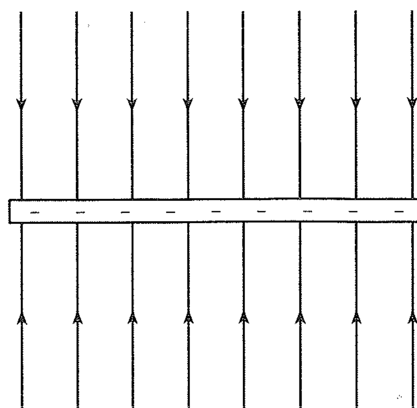
a Beide waren neutraal, na het wrijven is de totale lading ook 0. Het doekje heeft een even grote, maar tegengestelde lading als de glazen staaf: $Q_{doekje} = -24$ mC
b $Q = Q_{glas} + Q_{pvc} = 24 - 14 = 10$ mC
c Een pvc-buis
d Neutraal betekent evenveel positieve als negatieve lading. De totale lading moet 0 zijn. Daarvoor is nog -10 mC nodig. De tweede pvc-buis moet een lading hebben van -10 mC.

A 8

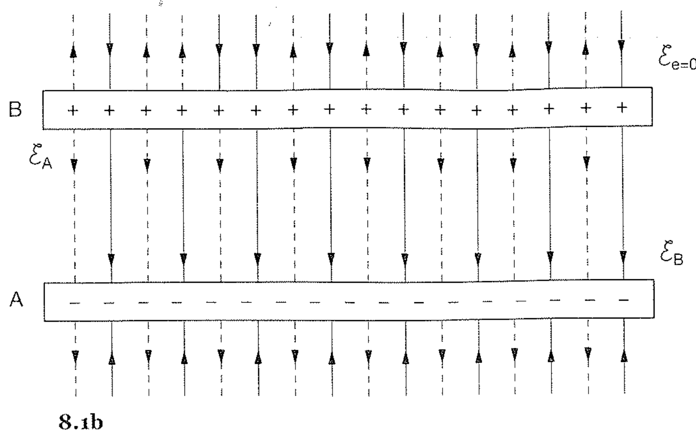
Ze lopen van positieve naar negatieve lading, ze snijden elkaar nooit, grotere veldlijnendichtheid betekent grotere veldsterkte, ze staan loodrecht op een geleider.

B 9

a Zie figuur 8.1a.
b Zie figuur 8.1b.



8.1a



8.1b

c Het veld tussen de platen is vrijwel homogeen en twee keer zo sterk als bij één plaat.
d Het veld buiten de platen is nul, de veldsterktes van de twee platen compenseren elkaar.

B 10

a $\mathscr{E} = F_{el} / q = 2{,}5 \cdot 10^{-8} / 2{,}0 \cdot 10^{-12} = 1{,}3 \cdot 10^4$ N/C
b De veldkracht is gericht naar de negatieve plaat.
c Niets, want het is een homogeen veld, de kracht blijft constant.
d Een eenparig versnelde beweging.
e $W = F_{el} \cdot s \cdot \cos \alpha = 2{,}5 \cdot 10^{-8} \times 3{,}0 \cdot 10^{-3} \times 1 = 7{,}5 \cdot 10^{-11}$ N·m

B 11

$F_{el} = \mathscr{E} \cdot q = 1{,}25 \cdot 10^4 \times -0{,}80 \cdot 10^{-12} = -1{,}0 \cdot 10^{-8}$ N, dus tegengesteld aan de veldsterkte.

B 12

a Van de kern af naar buiten
b Een elektron is negatief en wordt dus aangetrokken. De pijl moet naar de kern toe getekend worden.
c De veldlijnen gaan door een boloppervlak. Het oppervlak is $4\pi r^2$. De veldlijnendichtheid (dus de veldsterkte) is in B dus $2^2\times$ zo klein als de veldlijnendichtheid (dus de veldsterkte) in A.
d De richting is weer naar de kern toe. De pijl moet $4\times$ zo klein zijn als bij vraag b, dus 0,5 cm.

C 13

a Lading
b Massa
c N/C
d N/kg
e De zwaarteconstante (valversnelling) g
f De zwaartecontante alleen hangt af van het hemellichaam en niet van het voorwerp bij het hemellichaam.
g De zwaartekracht op voorwerp is net zoals de zwaarteconstante vlak bij het aardoppervlak constant.

C 14

a $F_{el} = \mathscr{E} \cdot q = 1{,}5 \cdot 10^3 \times -1{,}60 \cdot 10^{-19} = -2{,}4 \cdot 10^{-16}$ N
$F_z = m \cdot g = 9{,}10 \cdot 10^{-31} \times 9{,}81 = 8{,}9 \cdot 10^{-30}$ N
De zwaartekracht is ongeveer $10^{14}\times$ zo klein als de elektrische kracht, dus is te verwaarlozen.
b $W = F_{el} \cdot s \cdot \cos \alpha = 2{,}4 \cdot 10^{-16} \times 4{,}0 \cdot 10^{-3} \times 1 = 9{,}6 \cdot 10^{-13}$ N·m
c Grootte: $\mathscr{E} = \dfrac{U}{d} = \dfrac{12{,}0}{8{,}0 \cdot 10^{-3}} = 1{,}5 \cdot 10^3$ V/m; dit klopt met de gegeven veldsterkte.

Eenheid: $\dfrac{[U]}{[d]} = \dfrac{\text{V}}{\text{m}} = \dfrac{\text{J/C}}{\text{m}} = \dfrac{\text{N·m/C}}{\text{m}} =$ N/C; dit klopt ook.

B 15

Kijk op de ▸site.

8.3 Versnellen in een elektrisch veld

A 16

Een elektrode is een metalen aansluiting en een elektron is een atomair geladen deeltje.

A 17

$\Delta E_k = E_{k,A} - 0 = \frac{1}{2} m_{el} \cdot v_A^2 = q \cdot U_{KA} \rightarrow$
$\frac{1}{2} \times 9{,}10 \cdot 10^{-31} \times v_A^2 = (-1{,}60 \cdot 10^{-19}) \times (-75) = 1{,}2 \cdot 10^{-17}$ J $\rightarrow$

$$v_A^2 = \frac{1{,}2 \cdot 10^{-17}}{(\frac{1}{2} \times 9{,}10 \cdot 10^{-31})} \rightarrow$$

$v_A = 5{,}1 \cdot 10^6$ m/s

B 18

a Zolang er geen spanningsbron tussen anode en kathode is aangesloten, is de kathode neutraal. Uit de kathode verdwijnen negatieve elektronen. Deze elektrode wordt dan licht positief. De elektronen worden aangetrokken en blijven in de buurt van de kathode. De vrijgemaakte elektronen hebben dus nauwelijks snelheid.
b Als de kathode geaard is blijft hij neutraal. De redenering van vraag a is dus nog steeds geldig en de elektronen vertrekken vanuit stilstand.

B 19

a Zie leerboek figuur 7.19a.
b Het elektron heeft vóór het versnellen geen snelheid.
c $q \cdot U_{KA} = 1{,}1 \cdot 10^{-14}$
$U_{KA} = 1{,}1 \cdot 10^{-14} / (-1{,}60 \cdot 10^{-19}) = -6{,}9 \cdot 10^4$ V $\rightarrow$
$U_{AK} = 6{,}9 \cdot 10^4$ V

B 20

a $F_{el} = \mathscr{E} \cdot q = 4{,}0 \cdot 10^{-3} \times -1{,}60 \cdot 10^{-19} = -6{,}4 \cdot 10^{-22}$ N
$F_z = m \cdot g = 9{,}10 \cdot 10^{-31} \times 9{,}81 = 8{,}9 \cdot 10^{-30}$ N
De zwaartekracht is ongeveer $10^8\times$ zo klein als de elektrische kracht, dus is te verwaarlozen.
b Dit is een evenwijdig veldlijnpatroon dat van anode naar kathode loopt.
c $\Delta E_k = E_{k,A} - 0 = \frac{1}{2} m_{el} \cdot v_A^2 = q \cdot U_{KA} \rightarrow$
$\frac{1}{2} \times 9{,}10 \cdot 10^{-31} \times v_A^2 = (-1{,}60 \cdot 10^{-19}) \times (-800) = 1{,}28 \cdot 10^{-16}$ J $\rightarrow$

$$v_A^2 = \frac{1{,}28 \cdot 10^{-16}}{(\frac{1}{2} \times 9{,}10 \cdot 10^{-31})} \rightarrow$$

$v_A = 1{,}7 \cdot 10^7$ m/s

B 21

$\Delta E_k = E_{k,A} - 0 = \frac{1}{2} m_{el} \cdot v_A^2 = q \cdot U_{KA}$
$\frac{1}{2} \times 9{,}10 \cdot 10^{-31} \times (2{,}4 \cdot 10^7)^2 = (-1{,}60 \cdot 10^{-19}) \times U_{K,A} \rightarrow$
$U_{K,A} = \frac{1}{2} \times 9{,}10 \cdot 10^{-31} \times (2{,}4 \cdot 10^7)^2 / (-1{,}60 \cdot 10^{-19}) = 1{,}6 \cdot 10^3$ V (=1,6 kV)

B 22

a $m = 1{,}67262 \cdot 10^{-27}$ kg en $q = 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C

b De positieve protonen moeten worden aangetrokken door een negatieve elektrode. Ze gaan dus van de anode naar de kathode.

c $\Delta E_k = E_{k,K} - 0 = \frac{1}{2} m_{el} \cdot v_K^2 = q \cdot U_{AK} \rightarrow$
$\frac{1}{2} \times 1{,}67262 \cdot 10^{-27} \times v_A^2 = 1{,}60 \cdot 10^{-19} \times 4500 = 7{,}2 \cdot 10^{-16}$ J $\rightarrow$
$v_A^2 = 7{,}2 \cdot 10^{-16} / (\frac{1}{2} \times 1{,}67262 \cdot 10^{-27}) \rightarrow$
$v_A = 9{,}28 \cdot 10^5$ m/s

C 23

a De heliumkern bestaat uit twee positieve protonen en twee neutrale neutronen. De lading $q = 2 \times 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 3{,}20 \cdot 10^{-19}$ C

b $\Delta E_k = 0 - \frac{1}{2} \times 6{,}64 \cdot 10^{-27} \times (1{,}9 \cdot 10^7)^2 = -1{,}2 \cdot 10^{-12}$ J
$U_{AK} = \Delta E_k / q = -1{,}2 \cdot 10^{-12} / 3{,}20 \cdot 10^{-19} = -3{,}7 \cdot 10^6$ V

C 24

a Een eenparige beweging. Binnen de elektroden is geen elektrisch veld en dus ook geen elektrische kracht. De protonen worden niet versneld.

b Een eenparig versnelde beweging. Tussen twee elektroden oefent het elektrische veld een constante kracht uit op de protonen en versnelt deze.

c De tijdsduur dat een proton in een elektrode moet blijven, is constant. Dan komt het proton op het juiste moment uit de elektrode om versneld te worden, Omdat een proton steeds sneller gaat, moet de elektrode dus steeds langer zijn.

d $\Delta E_k = q \cdot U_{AB} = 1{,}60 \cdot 10^{-19} \times 1{,}00 \cdot 10^5 = 1{,}6 \cdot 10^{-14}$ J tussen twee elektrodes
Het proton moet dus $8{,}0 \cdot 10^{-13} / 1{,}6 \cdot 10^{-14} = 50\times$ oversteken. Daarvoor zijn 51 elektroden nodig.

e $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \rightarrow 8{,}0 \cdot 10^{-13} = \frac{1}{2} \times 1{,}67262 \cdot 10^{-27} \times v^2 \rightarrow$
$v = 4{,}0 \cdot 10^7$ m/s

f De laatste elektrode duurt $1{,}0 / 4{,}0 \cdot 10^7 = 2{,}5 \cdot 10^{-8}$ s
Deze tijdsduur is de halve periode van de blokspanning $\rightarrow$
$T = 5{,}0 \cdot 10^{-8}$ s

De frequentie $f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{5{,}0 \cdot 10^{-8}} = 2{,}0 \cdot 10^7$ Hz (= 20 MHz)

B 25

a $\Delta E_k = q \cdot U_{KA} = (-1{,}60 \cdot 10^{-19}) \times (-100) = 1{,}60 \cdot 10^{-17}$ J

b $F_{el} = \mathscr{E} \cdot q = q \cdot U / d \rightarrow$
$F_{el} = (-1{,}60 \cdot 10^{-19}) \times 100 / 0{,}10 = -1{,}6 \cdot 10^{-16}$ N

B 26

a Ze fungeren als spanningsbron om de mooiweerstroom in stand te houden.

b $P = U \cdot I = 3{,}0 \cdot 10^5 \times 1{,}4 \cdot 10^3 = 4{,}2 \cdot 10^8$ W

c Zo'n bliksem is slechts korte tijd werkzaam. Bovendien is deze bliksem moeilijk te vangen: onweer treedt verspreid over de aarde op.

d $Q = I \cdot \Delta t \rightarrow I = Q / \Delta t = 20 / 0{,}8 \cdot 10^{-3} = 2{,}5 \cdot 10^4$ A

e In deze tijdsduur zal de bliksem niet de constante waarde van $2{,}5 \cdot 10^4$ A hebben.

B 27

Kijk op de (▸site).

8.4 Het magnetische veld

A 28

a Ze geven de magnetische krachtwerking in de ruimte weer.

b
- De richting van het veld is volgens de raaklijn aan een veldlijn.
- De dichtheid is een maat voor de sterkte van het veld.
- Veldlijnen kunnen elkaar nooit snijden.

c
- De velden hebben andere 'veroorzakers' en werken op verschillende voorwerpen.
- Magnetische veldlijnen zijn gesloten (hebben een begin en eind), elektrische niet.
- Elektrische veldlijnen geven de richting van een kracht op een positieve lading weer, magnetische veldlijnen geven de richting van de noordpool van een magneetje aan.

d Dan zou in het snijpunt de magnetische veldsterkte twee richtingen hebben.

B 29

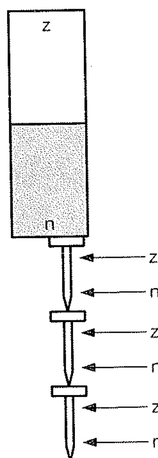
Het staafje dat nergens aantrekking mee vertoont, is van koper. De andere twee trekken elkaar aan. Zet van die twee staafjes het ene staafje eerst op het midden en daarna op het uiteinde van het andere staafje. Als het andere staafje een magneet is, moet bij plaatsing op het uiteinde de krachtwerking veel sterker zijn.

A 30

a De spijkertjes blijven in een sliert hangen.

b Nee. Dan zou het spijkertje op een andere spijker (van dezelfde soort) een kracht moeten uitoefenen.

c Zie figuur 8.2. Hierbij is aangenomen dat de onderkant van de magneet een zuidpool is.



8.2

d Alle zuidpolen worden noordpolen en de noordpolen worden zuidpolen.

e Het ijzerzaagje is magnetisch geworden.

f Ja

g De magnetische kracht wordt kleiner.

B 31

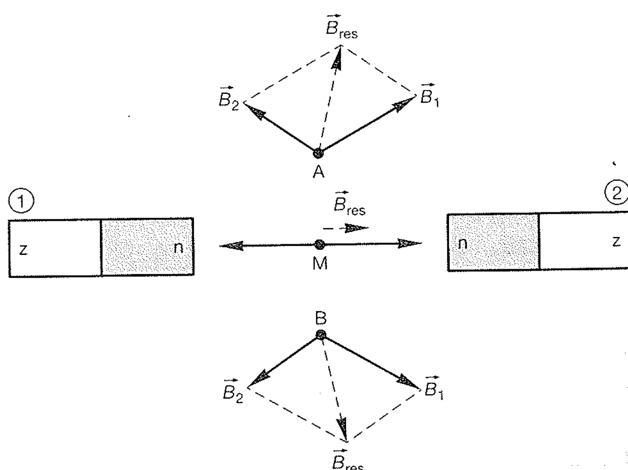
Als het relais de stroomkring sluit, wordt de elektromagneet bediend en vindt er gastoevoer naar de cv-ketel plaats. Dit moet gebeuren als de temperatuur fors daalt en de spanning over de spoel in het relais wegvalt. Andersom: is de stroom door de spoel groot, dan moet juist het relais de kring met elektromagneet openbreken. Het relais is een breekcontact.

A 32

a Een magnetisch veld geeft aan wat de magnetische kracht is op een bepaald voorwerp. Stel op één bepaald voorwerp (bijvoorbeeld een spijkertje) is de magnetische kracht op een bepaalde plaats groter (dan op een andere plaats). Daar is het magnetische veld dus ook sterker omdat je één en hetzelfde voorwerp hebt.
b Van het aantal windingen, hoe dicht ze gewikkeld zijn (dus de lengte van de spoel), de stroom door de spoel en 'het soort vulling' van de spoel (lucht, weekijzer)
c Een veld dat overal in dezelfde richting wijst en overal even sterk is
d Omdat het magnetische veld een vector is. Dat wil zeggen dat het niet alleen een grootte, maar ook een richting heeft.
e De twee magneten geven een even grote, tegengestelde $\vec{B}$ → $B_{res} = 0$ → geen kracht

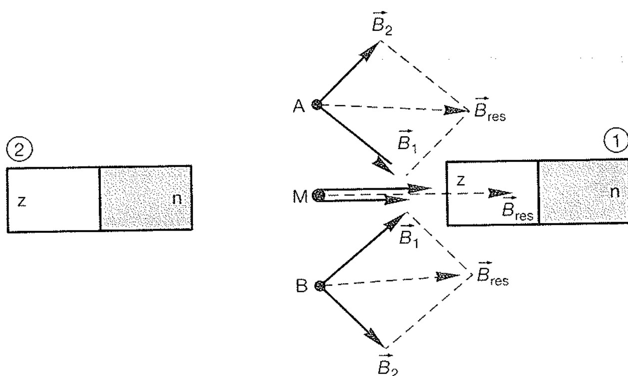
B 33

a Er is slechts één resulterend magnetisch veld aanwezig dat je kunt voorstellen door één veldlijnenpatroon.
b Teken een parallellogram. De zijden geven de veldsterktes weer van één magneet. Zie figuur 8.3.



8.3

c Zie figuur 8.4.



8.4

A 34

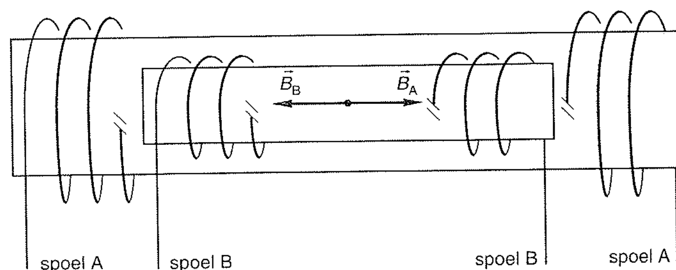
a $B = \mu_0 \cdot N \cdot I / l = 1{,}257 \cdot 10^{-6} \times 625 \times 0{,}400 / 0{,}24 = 1{,}3 \cdot 10^{-3}$ T
b Omdat N en I niet veranderen is B omgekeerd evenredig met l → l 1,5× zo groot → B wordt 1,5× zo klein.
$B = 1{,}3 \cdot 10^{-3} / 1{,}5 = 8{,}7 \cdot 10^{-2}$ T

A 35

a Niets, de koperen spoel 2 wordt niet aangetrokken door elektromagneet 1.
b Er zijn nu twee elektromagneten. Die zullen elkaar afstoten of aantrekken. De spoelen zullen naar elkaar toe bewegen of van elkaar af bewegen.
c Van beide elektromagneten wisselen noord- en zuidpool om. De situatie blijft hetzelfde.
d Elektromagneet 2 wordt sterker. De afstoting of aantrekking ook. De elektromagneten komen dichter bij elkaar of gaan verder van elkaar weg.
e Er is maar één elektromagneet 2. Die trekt de koperen spoel 1 niet meer aan. Beide spoelen komen weer verticaal te hangen.

B 36

a $B = \mu_0 \cdot N \cdot I / l$,
$I = 0{,}24$ A, $l = 0{,}20$ m en $N = 1000$
→ $B = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ T
b In de lengterichting van de spoel naar rechts. Je vindt dit met de rechterhandregel.
c Het resulterende veld in B wordt opgebouwd uit twee velden, afkomstig van spoel A en spoel B, die kennelijk tegengesteld gericht zijn. Zie figuur 8.5.
Door het aangroeien van de stroom wordt het veld van spoel B steeds sterker. Daardoor klapt het kompasnaaldje om.



8.5

d Er geldt dan $B_A = B_B$ →
$(N \cdot I / l)_A = (N \cdot I / l)_B$ →
$1000 \times 0{,}24 / 0{,}20 = N \cdot 0{,}82 / 0{,}10$ → $N_B = 146$

C 37

a Lees de veerkracht af wanneer er geen stroom loopt →
$m = F_v / 9{,}81 = 0{,}75 / 9{,}81 = 0{,}076$ kg
b Omdat de veldsterkte ook nog kan afhangen van de plaats in de magneet.
c Dan wordt B groter en de magnetische kracht ook.
d De veerkracht is even groot als de zwaartekracht op de massa en de magnetische kracht samen. Verminder in het diagram de veerkracht met de zwaartekracht. Het resultaat, de magnetische kracht, is een rechte lijn die door de oorsprong gaat. Dus de magnetische kracht is recht evenredig met de stroom.
e Nu keert de magnetische kracht om. De veerkracht komt overeen met de zwaartekracht minus de magnetische kracht. Er komt een rechte lijn vanaf hetzelfde punt van de verticale as, die steeds evenveel daalt als de gegeven lijn stijgt.
f De sterkte van het magnetische veld is gelijk. Die hangt alleen af van de grootheden die met de spoel te maken hebben (N, I, l).

g Bekijk – na aftrek van de zwaartekracht op A – de lijn die door de oorsprong gaat. Doe hetzelfde met B. De steilheden zijn anders. Het gevolg is dat bij dezelfde stroom (en dus bij een even groot magnetisch veld) de magnetische kracht anders is.

B 38

Kijk op de (▸site).

C 39

–

8.5 De lorentzkracht

A 40

a $B = F_L / (I \cdot l) = 3{,}4 \cdot 10^{-4} / (2{,}7 \times 0{,}24) = 5{,}2 \cdot 10^{-4}$ T

b Het magnetische veld heeft niet over de gehele lengte van de draad een sterkte van $5{,}2 \cdot 10^{-4}$ T te hebben.

B 41

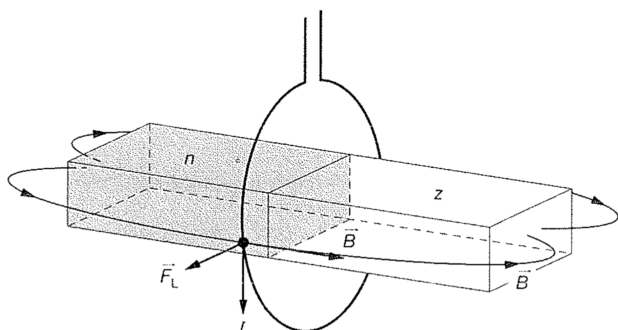
a Pas de linkerhandregel toe → van B naar A

b $B = F_L / (I \cdot l) = 1$ T (precies)

c $B = F_L / (I \cdot l) \rightarrow$
$[B] = [F_L] / ([I] \cdot [l]) \rightarrow$ T = N/(A·m)

B 42

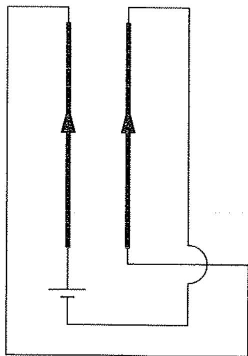
Rondom de staafmagneet werkt een magnetisch veld dat vrijwel overal loodrecht op de draad staat (figuur 8.6). Er werkt kennelijk een lorentzkracht die overal naar buiten is gericht.



8.6

B 43

a Sluit de draden in serie aan. Zie figuur 8.7.



8.7

b Het veld rondom een draad bestaat uit concentrische cirkels. Aan één kant van de draad gaan die het papier *in* (kruisjes), aan de andere kant komen ze *uit* het papier (punten).

c 'Kruisjesveld' (het papier in) en stroom I_2 omhoog: met de linkerhandregel vind je dat de F_L op draad 2 gericht is naar draad 1.

d $B = F_L / (I \cdot l)$,
$F_L = 1{,}7 \cdot 10^{-7}$ N, $I = 2{,}1$ A, $l = 1{,}0$ m → $B = 8{,}1 \cdot 10^{-8}$ T

e Het veld van draad 2 op de plaats van draad 1 is een 'puntjesveld'. Stroom I_1 is omhoog. Met de linkerhandregel: F_L op draad 1 wijst naar draad 2.

B 44

a Stel dat de stroom in de spoel omgepoold wordt. Dan klapt het magneetveld van de spoel ook om. Daardoor klapt ook de lorentzkracht om (linkerhandregel) en daardoor buigen de elektronen de andere kant op.

b Werk in gedachte met een stroom I van rechts naar links. Pas de linkerhandregel toe. De afbuiging is naar beneden.

c $F_L = B \cdot |q| \cdot v$;
($|q| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C; zie (▸binas) tabel 7)
$F_L = 1{,}3 \cdot 10^{-3} \times 1{,}6 \cdot 10^{-19} \times 5{,}2 \cdot 10^{7} = 1{,}1 \cdot 10^{-14}$ N

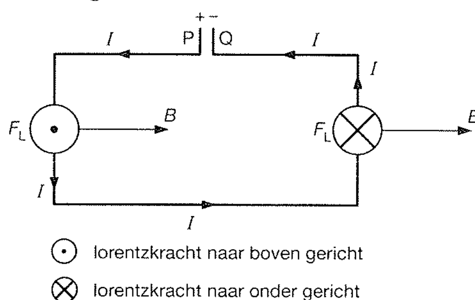
d De snelheid wordt 4× zo klein →
B dus 4× zo klein → $B = 0{,}33 \cdot 10^{-3}$ T

B 45

a Op de twee horizontale delen b werkt geen lorentzkracht omdat B en I daar gelijk of tegengesteld gericht zijn.

b $F_L = B \cdot I \cdot l = 0{,}32 \times 4{,}0 \cdot 10^{-3} \times 0{,}85 = 1{,}1 \cdot 10^{-3}$ N op beide verticale delen h.

c Zie figuur 8.8.



8.8

d De winding gaat draaien omdat de linker lorentzkracht de winding omhoog wil krijgen en de rechter lorentzkracht de winding naar beneden duwt.

C 46

a Pas de linkerhandregel toe. Het magneetveld wijst van rechts naar links (A naar B).

b 20 g op het schaaltje compenseert een gewichtje van 20 g, dus een zwaartekracht van $F_z = m \cdot 9{,}81 = 0{,}196$ N op PQ.
1,0 g op het schaaltje compenseert 1/20 hiervan, dus $9{,}8 \cdot 10^{-3}$ N.
Om evenwicht te krijgen moet bij 0,25 A 3,5 g extra bijgelegd worden. Er moet een lorentzkracht van $3{,}5 \times 9{,}8 \cdot 10^{-3} = 3{,}4 \cdot 10^{-2}$ N gewerkt hebben.
Om evenwicht te krijgen moet bij 0,68 A 9,5 g extra bijgelegd worden. Er moet een lorentzkracht van $9{,}5 \times 9{,}8 \cdot 10^{-3} = 9{,}3 \cdot 10^{-2}$ N gewerkt hebben.

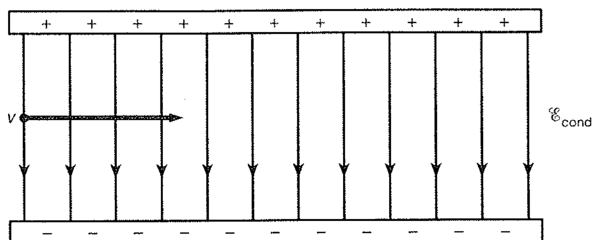
c Er zou moeten gelden: $3{,}43 \cdot 10^{-2} : 9{,}31 \cdot 10^{-2} = 0{,}25 : 0{,}68$.
Dit is juist.
Opmerking 1: Het is beter om hier niet afgeronde getallen te gebruiken.
Opmerking 2: Ook uit $3{,}5 / 9{,}5 = 0{,}25 / 0{,}68$ volgt de recht evenredigheid.

d Je zou het magnetische veld moeten veranderen en de rest, ook de stroom door PQ, gelijk houden. Het veld kun je tweemaal zo sterk maken door een twee maal zo grote stroom door een elektromagneet te sturen. Onderzoek of F_L tweemaal zo groot wordt.

e 18,5 g. Je moet 3,5 g van het schaaltje pakken omdat F_L nu naar boven wijst.

C 47

a Zie figuur 8.9.
$F_{el} = \mathscr{E} \cdot |q| = 1{,}2 \cdot 10^3 \times 1{,}60 \cdot 10^{-19} = 1{,}9 \cdot 10^{-16}$ N



8.9

b Naar de positieve plaat

c De beweging is eenparig dus de resulterende kracht is 0.

d De magnetische kracht moet de elektrische kracht compenseren, dus is tegengesteld aan de elektrische kracht. Dus in de richting van de negatieve plaat.

e Positieve plaat boven: met de linkerhandregel volgt dat $\vec{B}$ het papier in gericht is.

f $F_{el} = F_L \rightarrow B \cdot |q| \cdot v = \mathscr{E} \cdot |q|$
$B \cdot v = \mathscr{E} \rightarrow B = 1{,}2 \cdot 10^3 / 2{,}5 \cdot 10^4 = 0{,}048$ T ($= 4{,}8 \cdot 10^{-2}$ T)

C 48

a De elektronen worden niet afgebogen; je ziet een lichtgevende streep die vanuit de bron recht naar boven gaat.

b Stroom groter → spoelen maken een sterker veld → lorentzkracht groter → afbuiging groter → cirkel met kleinere straal.

c Er komt geen afbuiging als de snelheid en het veld dezelfde richting hebben.

R 49

Kijk op de ▸site.

8.6 De elektromotor

A 50

a Commutator: het deel van een elektromotor dat ervoor zorgt dat op tijd de stroom door de rotor van richting wisselt

b Rotor: het deel van een elektromotor dat onder invloed van een niet 'passend' veld gaat draaien

c Stator: het stilstaande deel van een elektromotor dat een magnetisch veld in stand houdt

A 51

a Door het schuren van de commutator (wrijving)

b Stekker uit het stopcontact halen

c De stroom in de statorspoelen dient om een (vast) magnetisch veld in stand te houden. De spoelen zelf bewegen niet.

B 52

Het huishoudelijke werk kon veel sneller gedaan worden door allerlei elektrische machines (wasmachine, stofzuiger). Daardoor is voor veel huisvrouwen veel meer tijd vrijgekomen voor zelfontplooiing. Deze vrouwen konden in de tijd die ze bespaarden buitenshuis gaan werken.

B 53

Er zijn allerlei typen. Kenmerk is wel dat de commutator ervoor zorgt dat (bepaalde) windingen op het juiste moment wel of niet stroom krijgen. De windingen die aan het ronddraaien zijn, zijn steeds die windingen die het meeste kunnen bijdragen aan de beweging, omdat hun stand ten opzichte van het magnetische veld optimaal is.

B 54

a In deze stand loopt er geen stroom door de winding.

b Net de andere kant op dan in figuur 8.59c.

c De krachten wijzen tegen de draairichting in: de winding gaat heen en weer zwaaien. Door de wrijving (lager en as, lucht) wordt dit heen en weer zwaaien afgeremd (er is een gedempte trilling). De winding komt ten slotte tot stilstand.

d Deze krachten zijn even groot én tegengesteld gericht: hun richting is evenwijdig aan de as. Ze compenseren elkaar altijd.

B 55

a

Oplosschema

> **Analyse**
Uit de lorentzkracht volgt de B. De tegenwerkende kracht is $4{,}5 \cdot 10^{-4}$ N. Zie figuur 8.64b in het leerboek. De lorentzkracht op alle windingen samen is even groot (evenwicht van krachten op de winding).
Op één draad is de kracht $4{,}5 \cdot 10^{-7}$ N.

> **Benodigde formule**
$F_L = B \cdot I \cdot l$

> **Benodigde gegevens verzamelen**
$F_L = 4{,}5 \cdot 10^{-7}$ N; $I = 0{,}21$ A; $l = 0{,}015$ m

> **Gegevens invullen en onbekende uitrekenen**
$B = 4{,}5 \cdot 10^{-7} / (0{,}21 \times 0{,}015) = 1{,}4 \cdot 10^{-4}$ T

> **Uitkomst controleren**
Eenheid is goed, aantal significante cijfers is goed, orde van grootte is goed.

b Uit de figuur volgt een recht evenredigheid: wordt de tegenwerkende kracht n× zo groot, dan wordt de draaiingshoek n× zo groot.
Als bij het draaien de wijzer tot stilstand komt, geldt dat de lorentzkracht even groot is als de tegenwerkende kracht.
Je kunt uit het gegeven dus ook concluderen dat als de lorentzkracht n× zo groot wordt, de draaiingshoek n× zo groot is geworden.
Volgens de formule voor de lorentzkracht, $F_L = B \cdot I \cdot l$, zal de lorentzkracht n× zo groot worden als de stroom n× zo groot wordt.
Je kunt uit het gegeven dus ook concluderen als de stroom n× zo groot wordt, de draaiingshoek n× zo groot is geworden.

c De optredende lorentzkracht zal tweemaal zo groot zijn (de lengte van de draad die in het magnetische veld zit, is tweemaal zo lang).
Als de winding tot stilstand komt, zal de tegenwerkende kracht 2× zo groot zijn. Dus draait het spoeltje over een 2× zo grote draaiingshoek: 56°.

C 56

a Als de stroom van richting verandert, wijst het veld waarin de winding draait in tegenovergestelde richting en loopt de stroom door de draadstukken 1 en 2 in een tegenovergestelde richting.
Het resultaat is dat de lorentzkracht in dezelfde richting blijft wijzen.

b Door het wisselen van de stroom in de spanningsbron veranderen de lorentzkrachten op de draadstukken 1 en 2 niet van richting. De lorentzkrachten veranderen wel van richting wanneer de commutator zijn werk doet.

C 57

a $E_{toegevoerd} = U \cdot I = 2{,}85$ J
$E_{nuttig} = \eta \cdot E_{toegevoerd} \rightarrow E_{nuttig} = 1{,}3$ J

b

Oplosschema

> **Gegevens ordenen**
Nuttige energie per seconde 1,28 J (zie vraag a);
$m = 0{,}200$ kg; $h = 2{,}0$ m

> **Benodigde formule**
Nuttige energie = $P \cdot \Delta t \rightarrow P = 1{,}28$ J / s

> **Benodigde gegevens verzamelen**
Nuttige energie = $m \cdot 9{,}81 \cdot h = 3{,}92$ J

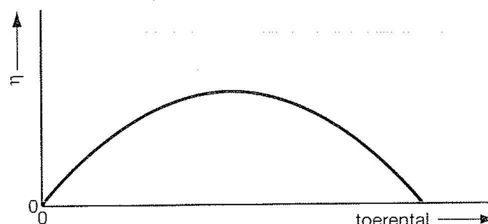
> **Gegevens invullen en onbekende uitrekenen**
$\Delta t = 3{,}92 / 1{,}28 = 3{,}1$ s

> **Uitkomst controleren**
Twee significante cijfers, orde van grootte klopt, eenheid correct.

C 58

a Er wordt geen nuttige energie geleverd; er wordt wel energie toegevoerd (waardoor de spoelen doorbranden). Volgens de formule is het rendement 0.

b Bij zeer hoge toerentallen is het rendement ook nul omdat dat betekent dat er geen arbeid kan worden verricht. De motor draait vrij en alle energie gaat in het draaien van het asje zitten. De grafiek is dus een soort 'bergparabool'. Zie figuur 8.10.



8.10

C 59

a Doordat er bewegende ladingen zijn, gaat er een lorentzkracht werken. Die buigt de negatieve deeltjes de ene kant en de positieve deeltjes de andere kant op.

b Met de opbouw van de ladingscentra wordt ook een elektrisch veld opgebouwd. Hierdoor ontstaat een elektrische kracht die de komst van nieuwe ladingen tegenwerkt.
Er ontstaat een evenwicht tussen deze kracht en de lorentzkracht.

c De lorentzkracht is dan groter ($F_L = B \cdot q \cdot v$) zodat er een grotere elektrische kracht nodig is om die op te heffen.
Dat betekent dat er een grotere veldsterkte moet zijn.
Dus is ook de hallspanning groter, want deze is:
$U_H = \mathcal{E} \cdot$(afstand zijkanten).

d $\mathcal{E} = U_H$ / (afstand zijkanten) = 0,017 / 0,012 = 1,4 V/m

e Er geldt: $F_L = F_{el} = q \cdot \mathcal{E} = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \times 1{,}42 = 2{,}3 \cdot 10^{-19}$ N

f Het halleffect is, net als de lorentzkracht, naar zijn ontdekker genoemd; dan krijgt het woord volgens de nieuwste spellingregels een kleine letter.

B 60

Kijk op de (▸site).

09 Wisselspanning

9.1 Inleiding

A 1

a Gelijkspanning
b Een veelvoud van 1,5 V
c Wisselspanning
d 230 V

A 2

a 3,7 V
b 12 V
c In de houder waar je de tandenborstel op plaatst.

B 3

a Het aantal trillingen in precies 1 seconde
b Ze zijn elkaars omgekeerde: $f = 1 / T$
c $T = 1 / f = 1 / 25 = 0{,}040$ s = 40 ms

A 4

a Het aantal veldlijnen per cm^2
b Veldsterkte
c Evenwijdig en op dezelfde afstand van elkaar
d Loodrecht op de veldlijnen
e Evenwijdig aan de veldlijnen

9.2 Magnetische flux en inductiespanning

B 5

a $[\Phi] = [B] \cdot [A] \rightarrow$ Wb = T·m²
b $U_{ind} = |\Delta\Phi| / \Delta t \rightarrow$ 1 V = 1 Wb/s → 1 Wb = 1 V · s
c 1 Wb = 1 V · s = 1 (J/C) · s = 1 {(N · m) / (A · s)} · s →
1 Wb = 1 {(kg · m/s²) · m / (A · s)} · s = 1 kg·m²/A·s²

A 6

a Dat hij zoveel mogelijk veldlijnen vangt
b 0 (Wb)

R 7

a Het aantal inwoners per oppervlakte-eenheid (meestal km²)
b De kracht per oppervlakte-eenheid is de druk. In overeenstemming met bevolkingsdichtheid is druk dus krachtdichtheid.
c Veldlijnendichtheid is het aantal veldlijnen per oppervlakte-eenheid.
d De flux is $B \cdot A$ en dat komt overeen met de veldlijnendichtheid maal oppervlak; dat is dus het aantal veldlijnen (door dat oppervlak).
e De 'gewone' dichtheid is massa per volume-eenheid, de andere drie worden allemaal gerekend per oppervlakte-eenheid.

B 8

a $\Phi = B \cdot A$; $A = 12$ cm² $= 1{,}2 \cdot 10^{-3}$ m² →
$\Phi = 8{,}6 \cdot 10^{-8}$ Wb
b Omdat het oppervlak gelijk blijft, is alleen de component van de magnetische veldsterkte van belang.
$B_n = B \cdot \cos\alpha$, waarbij $\cos\alpha = 0{,}70$. Dat is zo als $\alpha = 46°$
c $U_{ind} = |\Delta\Phi| / \Delta t$; de afname in de flux bedraagt 30% van $7{,}2 \cdot 10^{-8} = 2{,}2 \cdot 10^{-8}$ Wb; de gemiddelde inductiespanning wordt $2{,}2 \cdot 10^{-8} / 2{,}7 \cdot 10^{-3} = 8{,}0 \cdot 10^{-6}$ V

C 9

a Een smallere piek houdt in dat de verandering in de flux in een kortere tijdsduur plaatsvindt. Kort gezegd: de snelheid is dan groter. Dit zal bij het verlaten van de spoel het geval zijn.
b De pieken hebben te maken met een even grote verandering in de flux. In het positieve deel treedt die verandering op in een kleinere tijdsduur. Volgens de formule van de inductiespanning is de opgewekte inductiespanning dan hoger.
c Het ene deel heeft te maken met een toename van de flux, het andere met een afname.

B 10

a De flux zal toenemen in situatie a en c. De spoel zal meer veldlijnen omvatten naarmate de top van de magneet zich meer in de spoel bevindt.
b In c zal de stroom door de spoel dezelfde richting hebben als in a (in a en c wordt de flux groter). Bij b en d zal de richting tegengesteld zijn aan de stroomrichting van a omdat dan de flux afneemt, dus de fluxverandering is negatief.

B 11

a $\Phi = B_n \cdot A$. Het oppervlak A wordt groter.
b In 1 seconde legt het staafje 0,61 m af.
A = (lengte) × (breedte) → Het oppervlak wordt in één seconde 0,122 m² groter.
c Aflezen in figuur 9.3 in het leerboek: De flux wordt in één seconde $5{,}0 \cdot 10^{-3}$ Wb groter.
$\Phi = B_n \cdot A \rightarrow B_n = 5{,}0 \cdot 10^{-3} / 0{,}122 = 4{,}1 \cdot 10^{-2}$ T

d Er geldt $U_{ind} = |\Delta\Phi| / \Delta t$.
De fluxverandering van $20 \cdot 10^{-3}$ Wb vond eerst plaats in 4,0 s (met de snelheid van 0,61 m/s). Het staafje legt dan 2,44 m af.
Dezelfde afstand (2,44 m) afleggen met 0,45 m/s duurt 5,42 s.
$U_{ind} = |\Delta\Phi| / \Delta t \rightarrow U_{ind} = 20 \cdot 10^{-3} / 5{,}42 = 3{,}7 \cdot 10^{-3}$ V
Alternatief
Het tempo van de fluxverandering is 0,45 / 061 = 0,737× zo groot → de inductiespanning wordt $5{,}0 \cdot 10^{-3} \times 0{,}0737 = 3{,}7 \cdot 10^{-3}$ V

C 12

a Omdat het tempo van de fluxverandering gelijk blijft, is de inductiespanning recht evenredig met het aantal windingen. Volgens de wet van Ohm geldt dat ook voor de stromen. Dus 500 : 1000 : 2000 = 1 : 2 : 4
b Dat kun je niet zeggen! De weerstand van de koperdraad van de spoel is niet hetzelfde gebleven in de drie situaties. Dat betekent dat de stromen geen uitsluitsel geven over de spanningen die zijn opgewekt.
c Je moet de totale lengte van de draad hetzelfde houden, zodat de weerstand in de drie situaties hetzelfde is. Dat kun je bereiken door bij de spoel met 500 windingen grotere windingen te maken of door de drie spoelen in serie te schakelen en per spoel de flux te veranderen.

B 13

a Led 1 staat in sperrichting geschakeld, dus brandt niet.
b Bij led 2 hoort een spoel. Bij openen van de schakelaar treedt een inductiespanning op. Dan zijn led 1 en 2 in doorlaatrichting geschakeld: led 2 blijft branden en led 1 brandt kort.
c Bij led 2 hoort een spoel. Bij sluiten van de schakelaar treedt een tegenwerkende inductiespanning op. Led 2 zal later gaan branden, terwijl led 3 direct brandt. Led 1 is weer in sperrichting geschakeld en brandt niet.
d De verwarmingsspiraal is een soort spoeltje. Bij het verbreken van de stroom is er zelfinductie waardoor de flux in dit spoeltje afneemt. Gebeurt dit verbreken snel, dan is de opgewekte inductiespanning groot. Dus is de vonk het grootst bij het snel eruit halen.

C 14

a $I = U / R_{tot} = 1{,}5 / 3{,}2 = 0{,}469$ A (lampje brandt niet)
$B = \mu_0 \cdot N \cdot I / l = 1{,}26 \cdot 10^{-6} \times 1000 \times 0{,}469 / 0{,}05 = 1{,}2 \cdot 10^{-2}$ T
b $\Phi = B \cdot A = 1{,}18 \cdot 10^{-2} \times 12 \cdot 10^{-4} = 1{,}4 \cdot 10^{-5}$ Wb
c $U_{ind} = 1000 \times 1{,}4 \cdot 10^{-5} / 1{,}0 \cdot 10^{-4} = 1{,}4 \cdot 10^{2}$ V
$I = U / R_{tot} = 1{,}4 \cdot 10^{2} / (3{,}2 + 1{,}2) = 32$ A

A 15

a Met de hand zorg je ervoor dat een dynamo draait. Die veroorzaakt een inductiespanning.
b Een spoel en een permanente magneet. De ene draait in de buurt van de ander.
c De energie komt uit de persoon die steeds knijpt.

C 16

In elk geval: Faraday dacht dat een magneet een elektrisch veld kon opwekken, maar ontdekte achteraf (toevallig!) dat je daarvoor een *veranderend* magnetisch veld nodig had.

9.3 Spanningen meten

A 17

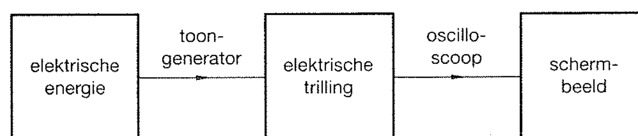
a Tijd
b Spanning

B 18

a De elektronen ondervinden een elektrische kracht in het veld tussen de platen.
b Het veld wordt sterker en de kracht groter. De afbuiging neemt toe; de trefplaats komt verder van het midden.
c De kracht keert van richting om. De trefplaats komt aan de andere kant van het midden te liggen.

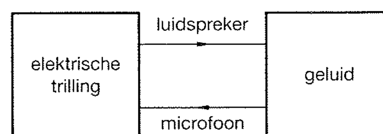
A 19

a Een toongenerator maakt wisselspanningen, een luidspreker zet wisselspanningen om in geluid, een microfoon zet geluid om in wisselspanningen.
b Zie figuur 9.1.



9.1

c Door de pijlen om te draaien (figuur 9.2).



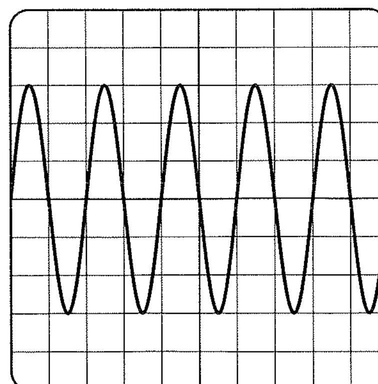
9.2

A 20

a De amplitudo is de grootste positieve spanning: $3 \times 2{,}0$ V = 6,0 V
b $2 \cdot T$ duurt 6,0 hokjes en elk hokje 'duurt' 1 ms →
$2 \times T = 6{,}0 \times 1 = 6{,}0$ ms
$T = 6{,}0 / 2 = 3{,}0$ ms ($= 0{,}0030$ s $= 3{,}0 \cdot 10^{-3}$ s)
c $f = 1 / T = 1 / 3{,}0 \cdot 10^{-3} = 3{,}3 \cdot 10^{2}$ Hz

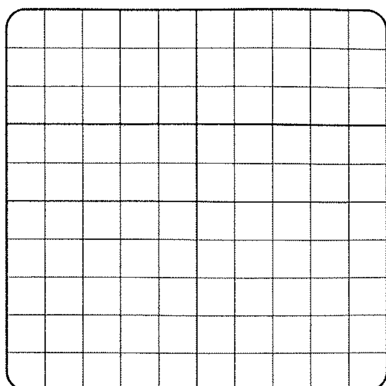
A 21

a 2,5 trillingen duren $10 \times 0{,}2 = 2{,}0$ ms; dus $T = 2{,}0 \cdot 10^{-3} / 2{,}5 = 8{,}0 \cdot 10^{-4}$ s.
$f = 1/T = 1 / 8{,}0 \cdot 10^{-4} = 1{,}3 \cdot 10^{3}$ Hz (= 1,3 kHz)
b Zie figuur 9.3.


9.3

A 22

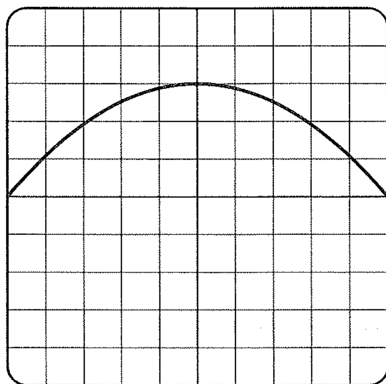
a Elektrische trillingen (wisselspanningen)
b 2,0 V per hokje.
c Zie figuur 9.4.



9.4

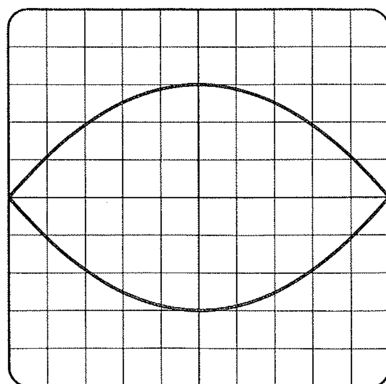
B 23

a Eén trilling is te zien →
periode tijdbasis = $T_{trilling}$ = 1/50 s = 0,020 s = 20 ms
b 10 hokjes duren 20 ms → 1 hokje duurt 2,0 ms.
De tijdbasis staat op 2 ms/div.
c Een halve trilling is zichtbaar in dezelfde tijdsduur.
Zie figuur 9.5.



9.5

d Dan wordt de volgende halve trilling ook zichtbaar.
Zie figuur 9.6.



9.6

C 24

a Het menselijk lichaam is een geleider.
b Tijdens het QRS-complex worden de kamers geactiveerd.
c 40 mm in de figuur komt overeen met 1,0 s.
$2 \cdot T$ komt overeen met 94 mm, dus met 94 / 40 = 2,35 s →
T = 1,175 s
$f = 1 / T = 1 / 1{,}175 = 0{,}85$ Hz

R 25

a $P = U \cdot I \rightarrow I = P / U = 0{,}30 / 6{,}0 = 0{,}050$ A
$R = U / I = 6{,}0 / 0{,}050 = 1{,}2 \cdot 10^2\ \Omega$
b *Methode 1*
$P = U \cdot I$; vervang U door $I \cdot R \rightarrow P = I \cdot I \cdot R = I^2 \cdot R$
Methode 2
$P = U \cdot I$; vervang I door $U / R \rightarrow$
$P = U \cdot U / R = U^2 / R$
c *Methode 1*
$P = I^2 \cdot R \rightarrow R = P / I^2 = 0{,}30 / 0{,}050^2 = 1{,}2 \cdot 10^2\ \Omega$
Methode 2
$P = U^2 / R \rightarrow R = U^2 / P = 6{,}0^2 / 0{,}30 = 1{,}2 \cdot 10^2\ \Omega$
d In het algemeen is het beter om eerst formules te combineren.
De uitkomst kun je dan vaker gebruiken.

R 26

a ... dus een elektrische trilling
b De knop van de tijdbasis aflezen, tijdsduur 1 trilling opmeten,
$f = 1 / T$ toepassen.

9.4 Wisselspanning

A 27

a $T = 1 / f = 20$ ms
b 100×
c 100×
d De wisselspanning die je gaat meten, is een spanning die voortdurend wisselt met zijn plus en min.
e Dat met deze spanning evenveel energie wordt omgezet als met een gelijkspanning van 230 V.

A 28

a Meer
b $I_{eff} = 230 / 8{,}9 \cdot 10^2 = 0{,}26$ A; $P = U_{eff} \cdot I_{eff} = 230 \times 0{,}26 = 60$ W
c $I_{eff} = 0{,}26$ A; $I_{max} = \sqrt{2} \times I_{eff} = 0{,}37$ A

B 29

a $f = 50$ Hz
b $U_{gem} = 0$ V (!)
c $U_{eff} = 230$ V
d $U_{max} = 110 \times \sqrt{2} = 156$ V
e $U(t) = U_{max} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) = 156 \cdot \sin(314 \cdot t)$

B 30

a Kies bijvoorbeeld de topwaardes op hetzelfde tijdstip.
$U = I \cdot R$; $U = 8{,}5$ V en $I = 71$ mA $\rightarrow R = 1{,}2 \cdot 10^2\ \Omega$
b 0,05 s; 0,15 s, enzovoort
c $P = U \cdot I \rightarrow P = 8{,}5 \times 71 \cdot 10^{-3} = 0{,}60$ W
d 0,3 W is het effectief vermogen. Een wisselstroom/-spanning met een maximaal vermogen van 0,6 W geeft een gemiddeld vermogen van 0,3 W.

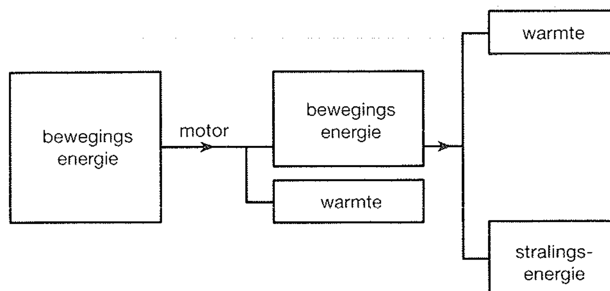
C 31

a – Het lampje gloeit na.
 – Je oog kan meer dan tien lichtbeelden per seconde niet onderscheiden.

b Om de 0,01 s is de lichtsterkte maximaal. Dan zie je toevallig op dezelfde plaats een spaak.

B 32

a Zie figuur 9.7.

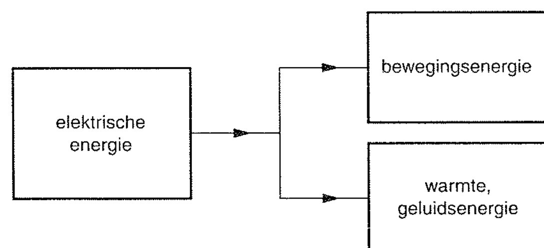


9.7

b Bij dezelfde snelheid van de fiets produceer je geen energie om het achterlicht te laten branden.

R 33

Het energieschema van een dynamo zie je in figuur 9.7 (vorige vraag). Dat van een elektromotor zie je in figuur 9.8. In feite is de werking van een elektromotor omgekeerd aan die van een dynamo. Bij een elektromotor wordt een stroom gebruikt om een magnetisch veld op te wekken, waardoor de rotor gaat draaien vanwege de optredende lorentzkrachten. Bij een dynamo wordt een draaiende beweging gebruikt om een inductiespanning op te wekken.



9.8

C 34

Voordelen van een dynamo:
- De spanning is te veranderen (zie ook transformatie in de volgende paragraaf).
- Een dynamo heeft een kleine massa.
- Een dynamo bevat geen chemische stoffen waar zorgvuldig mee moet worden omgegaan.
- Een dynamo raakt nooit op.

Nadelen:
- De elektrische energie wordt eerst verkregen door omzetting van een andere energiesoort met spierkracht (fiets). Bij de accu wordt chemische energie 'opgemaakt'. Dat is efficiënter.
- De opgewekte spanning is een wisselspanning; sommige apparaten werken daar niet op (maar dat geldt ook voor gelijkspanning).

C 35

a In serie: de spoelen vormen samen één stroomkring waar dezelfde stroom door zal gaan.

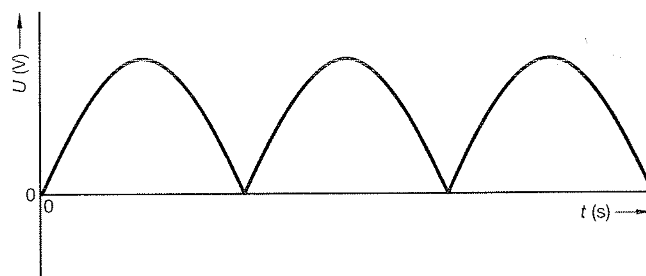
b Twee volledige sinussen (twee perioden)

c De inductiespanning wordt bepaald door het tempo van de fluxverandering. De topwaarde wordt 2× groter: de verandering van de flux gebeurt in een 2× zo korte tijd.
De periode wordt 2× zo klein. De rondgang van de magneet, de afwisselingen van de flux en één periode van de opgewekte inductiespanning: het gebeurt allemaal in een 2× zo korte tijdsduur.

B 36

a In de schakeling van figuur 9.27 in het leerboek loopt gedurende de ene helft van de periode van de wisselspanning geen stroom (figuur 9.28b). Bij een Graetzschakeling wel.

b Zie figuur 9.9.



9.9

B 37

a De topwaarde wordt 5 à 6× zo groot.

b Alle draaien ze om van teken/richting.

c Je krijgt een (wisselende) gelijkspanning.

d Omhoog

9.5 Transformatoren

A 38

a IJzeren kern met sluitstuk, primaire en secundaire spoel

b Nee. Het magnetische veld moet 'overgebracht' worden naar de secundaire spoel.

c Omdat binnen de secundaire spoel een veranderend magnetisch veld moet zijn.

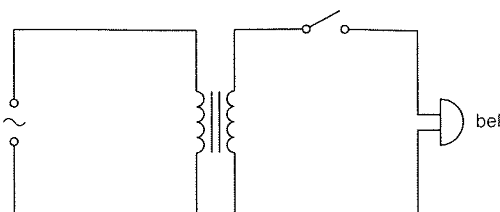
B 39

a Om de spanning te verlagen tot een veilige lage waarde.

b In het stopcontact zit een scheidingstrafo. Op de secundaire spoel daarvan is een (scheer-)apparaat aangesloten. Het apparaat is dan niet rechtstreeks verbonden met de draden die naar de trafo in de woonwijk gaan. Er kan geen fatale stroom optreden door iemand die de secundaire kring ergens aanraakt. Met dat aanraken sluit je geen kring waarin die stroom zou lopen.

A 40

a Zie figuur 9.10.



9.10

b Minder. De spanning moet verlaagd worden.
c 230 : 6,0 = 38 : 1

A 41

a Omdat je er een hoge spanning mee kunt maken.
b De secundaire spanning is 24000 : 600 = 40 keer zo groot → $U_S = 40 \times 230 = 9{,}20 \cdot 10^3$ V

B 42

a $U_P / U_S = N_P / N_S \rightarrow U_s = 22{,}9$ V
b $I_S / I_P = N_P / N_S \rightarrow I_P = 0{,}10$ A
c De spanning over de weerstand in de spoel is $U = I \cdot R$ $= 1{,}0 \times 1{,}0 = 1{,}0$ V
Over het lampje staat een spanning van 22,9 – 1,0 = 21,9 V

B 43

a Er wordt 100 W uit het elektriciteitsnet opgenomen. Ideale transformator, dus secundair ook 100 W.
$U_P / U_S = N_P / N_S \rightarrow U_s = 0{,}23$ V
$I_s = P_s / U_s = 100 / 0{,}23 = 435$ A
Alternatief
$I_P = P_P / U_P = 100 / 230 = 0{,}435$ A
$I_S / I_P = N_P / N_S = 1000 / 1 \rightarrow I_S = 435$ A
b In het soldeerstuk: daar moet de meeste warmte ontstaan
c Aan de secundaire kant staat een spanning van 230 / 1000 = 0,23 V. Tussen je vingers is een grote weerstand. Dat betekent dat de stroomsterkte klein blijft. Je kunt het dus vastpakken.

C 44

a Het primair opgenomen vermogen komt voor een groot deel in de spijker terecht (en wordt met de transformator in een lage spanning en grote stroomsterkte omgezet). De warmteontwikkeling is groot.
b Het primaire vermogen is 345 / 0,75 = 460 W
Met $P = U \cdot I$ volgt $I_P = 2{,}0$ A ($U_p = 230$ V)
c De secundaire stroom wordt (500 / 8) × 2,0 = 125 A
De spanning over de spijker volgt uit $P = U \cdot I$ →
$U = 345 / 125 = 2{,}8$ V
d Ja
e De spanning is laag, maar door de kleine weerstand van de spijker kan de stroomsterkte zeer groot worden. Dat betekent een hoge temperatuur, groter dan het smeltpunt van ijzer.
f Er is geen elektrische verbinding van de secundaire spoel met het elektriciteitsnet in huis.

B 45

a $P = U \cdot I \rightarrow$
$I = P / U = 1{,}2 / 230 = 5{,}2 \cdot 10^{-3}$ A = 5,2 mA
b $E = P \cdot t = 1{,}2 \times (16 \times 3600) = 6{,}9 \cdot 10^4$ J
c De spanning wordt 230 / 2,4 = 95,83× zo klein. Het aantal windingen ook. Dus $N_S = 2700 / 95{,}83 = 28$

A 46

a 720 V
b 1 : 3
c 4 V
d 3 : 1

9.6 Elektriciteitstransport

A 47

a Kerncentrales, centrales op fossiele brandstoffen, windmolenparken, waterkrachtcentrales
b In alle vier soorten gaat een turbine draaien die met een generator is verbonden.
c Bij de eerste twee soorten wordt warmte gebruikt om uiteindelijk stoom te maken die de turbines laten draaien; bij de laatste twee zijn het stromende lucht en stromend (vloeibaar) water die daarvoor zorgen.

A 48

$P_c = U_c \cdot I_c \rightarrow I_c = P_c / U_c = 5{,}0 \cdot 10^6 / 460 = 1{,}087 \cdot 10^4$ A
Na T_1 is de stroomsterkte I_k 400× zo klein als I_c →
$I_k = 1{,}087 \cdot 10^4 / 400 = 27{,}17$ A
$P_k = I_k^2 \cdot R_k = 27{,}17^2 \times 2{,}2 = 1{,}6 \cdot 10^3$ W

B 49

a 1% wordt nutteloos omgezet in warmte. Bij de gebruikers komt $0{,}99 \cdot 10^7$ W.
b *Analyse*
De wikkelverhouding kan uit de verhouding van de stromen of spanningen worden afgeleid. Via de stromen lukt het: de secundaire stroom is te berekenen uit het vermogen dat bij de verbruikers terechtkomt.
Oplossing
$P = U \cdot I = 0{,}99 \cdot 10^7$ W; $U = 230$ V →
$I_S = 4{,}30 \cdot 10^4$ A
$I_S : I_P = N_P : N_S$ →
$N_P : N_S = 4{,}30 \cdot 10^4 : 71 = 606 : 1$
c *Analyse*
De weerstand kan uit de formule van Ohm volgen of uit $P = I^2 \cdot R$.
Oplossing
Via het vermogen lukt het:
$I^2 \cdot R = 0{,}01 \cdot 10^7$ W; $I = 71$ A →
$R = 19{,}8\ \Omega$
d Het transport begint met $P = U \cdot I = 1{,}0 \cdot 10^7$; $I = 71$ A →
$U = 1{,}4 \cdot 10^5$ V
Alternatief
De spanning over de weerstand in de kabels is
$U = I \cdot R = 1{,}4 \cdot 10^3$ V
De spanning aan de primaire kant van de transformator bij de gebruikers is te berekenen met $U_P / U_S = N_P / N_S$ →
$U_P = 1{,}39 \cdot 10^5$ V
De spanning waarmee het transport begint is
$1{,}39 \cdot 10^5 + 1{,}4 \cdot 10^3 = 1{,}4 \cdot 10^5$ V

A 50

Bijvoorbeeld: Op elektrische energie, verkregen met gelijkspanning (Edison), kon men voor 1888 al motoren laten lopen. Vanaf 1888 kon dat met wisselspanning (Westinghouse) ook, waarmee de voordelen van wisselspanning de doorslag gaven. Transport onder wisselspanning geeft minder warmteverliezen.

B 51

a $P_c = U_c \cdot I_c \rightarrow I_c = I_k = P_c / U_c = 16{,}9 \cdot 10^6 / 65 \cdot 10^3 = 260$ A
$P_k = I_k^2 \cdot R_k = 260^2 \times 20 = 1{,}4 \cdot 10^6$ W

b $U_k = I_k \cdot R_k = 260 \times 20 = 5{,}2 \cdot 10^3$ V
$U_p = U_c - U_k = 65 \cdot 10^3 - 5{,}2 \cdot 10^3 = 6{,}0 \cdot 10^4$ V

c $N_p : N_s = U_p : U_S = 5{,}98 \cdot 10^4 : 230 = 2{,}6 \cdot 10^2 : 1$

d $P_{gem} = P_p = U_p \cdot I_p = 5{,}98 \cdot 10^4 \times 260 = 1{,}55 \cdot 10^7$ W
of
$P_{gem} = P_c - P_k = 16{,}9 \cdot 10^6 - 1{,}4 \cdot 10^6 = 1{,}55 \cdot 10^7$ W

C 52

a Gebruik $R = \rho \cdot l / A$.
(▸binas) tabel 8: $\rho = 17 \cdot 10^{-9}$ Ω·m
Na invullen gegevens: $1{,}53 \cdot 10^{-3}$ m² (= 15,3 cm²)

b $A = \pi \cdot r^2$ ((▸binas) tabel 94) $\rightarrow r = 2{,}2 \cdot 10^{-2}$ m $\rightarrow$
diameter = $2 \times r = 4{,}4 \cdot 10^{-2}$ m (= 4,4 cm)

c Je zou de kabel nog dikker kunnen maken. Maar dat wordt wel een dure en gewichtige zaak! Economisch en technisch niet haalbaar dus.

R 53

De transportverliezen worden veroorzaakt door warmteverliezen in de kabels. Deze zijn groter bij een grote stroomsterkte: het vermogensverlies is recht evenredig met het kwadraat van de stroomsterkte. Wisselspanning kan omhoog getransformeerd worden, gelijkspanning niet. Bij een hoge wisselspanning hoort een lage stroomsterkte, dus minder vermogensverlies in de kabels. Transport met wisselspanning onder hoogspanning is dus beter dan transport met gelijkspanning.

10 Druk en warmte

10.1 Inleiding

A 1

- Bij het koken van water voer je warmte toe, maar de temperatuur verandert niet.
- Een heel hoge temperatuur betekent weinig niet altijd veel warmte: probeer met een gloeiend hete naald een kopje water te verwarmen.
- Een beetje flauw: warmte en temperatuur hebben verschillende SI-eenheden en symbolen.

B 2

a De warmte komt uiteindelijk van de persoon in de slaapzak.
b Slaapzak A isoleert zo goed, dat daarin de temperatuur hoger blijft dan in slaapzak B.

A 3

a Voor iets enthousiast zijn
b Erg bewegelijk zijn en je overal mee bemoeien

A 4

a 0 °C
b 0 °C
c Het stolpunt is hetzelfde als het smeltpunt. In ▸binas tabel 8 staat het smeltpunt van tin: 505 K. Het stolpunt is ook 505 K.
d Een toestand waarin die stof verkeert: vloeibaar, gas of vast.

A 5

a 285 K en 292 K
b 19 – 12 = 7 °C
c 292 – 285 = 7 K
d De gewone temperatuur wordt in een andere eenheid uitgedrukt dan de absolute temperatuur en verschilt 273. Omdat de temperaturen steeds 273 verschillen is de temperatuursverandering in °C even groot als die in K.

10.2 Het molecuulmodel

B 6

Kijk op de ▸site.

B 7

a Aardgas heeft een overdruk.
b Overdruk = 1050 – 1007 = 43 mb = 43 hP = $4{,}3 \cdot 10^3$ Pa

A 8

a Vaste fase, vloeibare fase en gasfase
b Sommige stoffen komen niet in alle drie fasen voor: bijvoorbeeld wol, papier, vlees. Daarom staat er 'in het algemeen'.
c $3 \times 2 = 6$
d Smelten/stollen; verdampen/condenseren; sublimeren/rijpen
e Kookpunt: bij de overgang verdamping vlak bij 'gas'
Smeltpunt: bij de overgang smelten vlak bij 'vloeistof'
f Alcohol: gas
Water: vloeistof
Kwik: vloeistof
g Bij koken 'bevrijden' moleculen zich uit de vloeistoffase. Zwakke vanderwaalskrachten en hoge snelheden (temperaturen) bevorderen dit. Deze krachten zijn bij alcohol kleiner dan bij water, daarom heeft alcohol een lager kookpunt dan water.

A 9

a De moleculen 'botsen' met elkaar. Daarbij kan de energie van het ene molecuul aan het andere worden overgedragen. Daardoor kan het voorkomen dat een molecuul stilstaat, terwijl een andere juist meer snelheid krijgt. Moleculen hebben dus steeds een andere snelheid.
b Alle moleculen hebben een verschillende snelheid. Deze moleculen zouden dan ook een verschillende temperatuur hebben. Dat is niet zo. Je moet steeds veel moleculen tegelijk bekijken om van temperatuur te kunnen spreken.

B 10

a De cohesiekrachten van de krijtmoleculen zijn kleiner dan de adhesiekrachten tussen bord- en krijtmoleculen.
b De afstand tussen de krijtmoleculen is te groot om grote cohesiekrachten te krijgen.
c De cohesiekrachten van de plasticmoleculen zijn kleiner dan de adhesiekrachten tussen lijm- en plasticmoleculen.
d De cohesiekrachten van de watermoleculen zijn groter dan de adhesiekrachten tussen water- en bladmoleculen.

A 11

a Moleculen trekken elkaar aan, oefenen krachten op elkaar uit. Dat betekent dat door deze krachten arbeid wordt verricht. Als arbeid wordt verricht, verandert de kinetische energie (WAK). Die veranderingen gaan steeds ten koste of komen ten goede aan potentiële energie.
Alternatief
Moleculen ondervinden door elkaars nabijheid een vanderwaalskracht. Omdat deze kracht eventueel arbeid kan

verrichten, verandert de vanderwaalsenergie (vergelijk met zwaartekracht en zwaarte-energie). De algemene naam voor een energie die ontstaat door een bepaalde positie in een ruimte is potentiële energie.

b Uit kinetische energie en potentiële (= vanderwaals)energie

c Tijdens het stollen blijft de kinetische energie van de moleculen constant en wordt de potentiële energie kleiner. De vrijgekomen energie wordt door de reageerbuis opgenomen; de buis wordt dan heet.

B 12

a Een grote dichtheid betekent dat in een klein volume veel moleculen (massa) zit. De moleculen zitten dicht op elkaar en oefenen veel kracht op elkaar uit.

b Omdat de moleculen zo dicht op elkaar zitten, is er veel arbeid (uitwendige energie) voor nodig om de inwendige (vanderwaals)energie te overwinnen en te kunnen verdampen. Je kunt ook zeggen dat de moleculen aan het verdampingsoppervlak nog veel tegenwerkende kracht ondervinden en dus niet gemakkelijk kunnen ontsnappen.

c Bij uitzetten neemt het volume toe. De massa blijft constant → de dichtheid neemt af.

B 13

a De moleculen bewegen dan sneller. Ze krijgen daardoor eerder voldoende energie om te ontsnappen aan de aantrekkingskracht van hun buren.

b Er komt steeds opnieuw koele lucht langs het wasgoed, zodat het warmtetransport beter is.

c
- Verdampen gebeurt bij alle temperaturen, koken maar bij één temperatuur.
- Bij koken verdampt de vloeistof binnen in: er worden bellen gevormd. Verdampen gebeurt aan het oppervlak.
- Bij verdampen neemt de temperatuur af, bij koken blijft de temperatuur gelijk.

B 14

a $N = n \cdot N_A = 2{,}4 \cdot 10^{-3} \times 6{,}02 \cdot 10^{23} = 1{,}4 \cdot 10^{21}$

b $M_{gem} = 0{,}62 \times (2 \times 14) + 0{,}38 \times (2 \times 16) = 30$ g

c $\rho = m / V = (2{,}4 \cdot 10^{-3} \times 29{,}53 \cdot 10^{-3}) / 2{,}2 \cdot 10^{-3} = 3{,}2 \cdot 10^{-2}$ kg/m³

C 15

a De vanderwaalskrachten zijn in het ene gas sterker dan in het andere. Daar waar de krachten sterk zijn, kunnen de moleculen zich moeilijker vrijmaken van de rest, dus zijn die moleculen nog niet zo ver gekomen.

b De moleculen bewegen bij hogere temperatuur sneller, ze hebben meer kinetische energie. Ze zullen zich dus ook sneller door de buis bewegen en elkaar eerder tegenkomen.

c De tijd waarin de blauwe wolk ontstaat, is een maat voor de snelheid waarmee de moleculen zich bewegen. Door de proef bij verschillende temperaturen uit te voeren, is een kwantitatief verband te ontdekken.

d Wat is het verband tussen de absolute temperatuur en het tijdstip van het verschijnen van de wolk Berlijns blauw?

e Naast de opstelling en oplossing van de genoemde ionen zijn een waterbad om de buis heen, een thermometer en een stopwatch nodig.

B 16

Kijk op de site.

10.3 De algemene gaswet

A 17

a Bij de wet van Boyle geldt: n en T zijn constant.
De gaswet is:
$p \cdot V = n \cdot R \cdot T =$ constant

b Het samenpersen van een gas bij constante temperatuur

c Bij de drukwet van Gay-Lussac geldt: n en V zijn constant.
De gaswet is:

$$p = \frac{n \cdot R}{V} \cdot T \rightarrow$$

$p =$ constante $\cdot\, T$

d Het verwarmen van een gas bij constant volume

e Deze wet geldt als zowel de druk als de hoeveelheid gas constant zijn.

B 18

a 5% toename → $V_{nieuw} = 1{,}05 \times V_{oud}$

b $\dfrac{p \cdot V}{T} =$ constant →

$$\frac{1{,}8 \cdot 10^5 \times 1{,}00}{290} = \frac{p_{nieuw} \times 1{,}05}{348} \rightarrow$$

$p_{nieuw} = 2{,}1 \cdot 10^5$ Pa
De druk is met $2{,}1 \cdot 10^5 - 1{,}8 \cdot 10^5 = 3 \cdot 10^4$ Pa toegenomen.

C 19

a $p_{lucht} = p_0 + p_{zuiger}$;
$p_{zuiger} = m \cdot g / A = 2{,}1 \times 9{,}81 / 30 \cdot 10^{-4} = 6{,}9 \cdot 10^3$ Pa;
$p_{lucht} = 1{,}0 \cdot 10^5 + 6{,}9 \cdot 10^3 = 1{,}1 \cdot 10^5$ Pa

b $p \cdot V =$ constant, dat betekent dat p recht evenredig is met $1 / V$. Je verwacht een rechte lijn door (0,0).

c Je verwacht weer een rechte lijn door (0,0).
$p = (n \cdot R \cdot T) \cdot (1 / V)$, dus de steilheid (die gelijk is aan $n \cdot R \cdot T$) is nu groter.

B 20

a De ballon vol laten lopen met water, het water daarna overgieten in een maatcilinder

b $m = 1034{,}5 - 1032{,}0 = 2{,}5$ g. Een mol lucht heeft een massa van 28,8 g, er zit dus 2,5 / 28,8 = 0,087 mol in de ballon.
Alternatief
$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$;
$n = 1{,}0 \cdot 10^5 \times 2{,}1 \cdot 10^{-3} / (8{,}31 \times 292{,}2) = 8{,}6 \cdot 10^{-2}$ mol

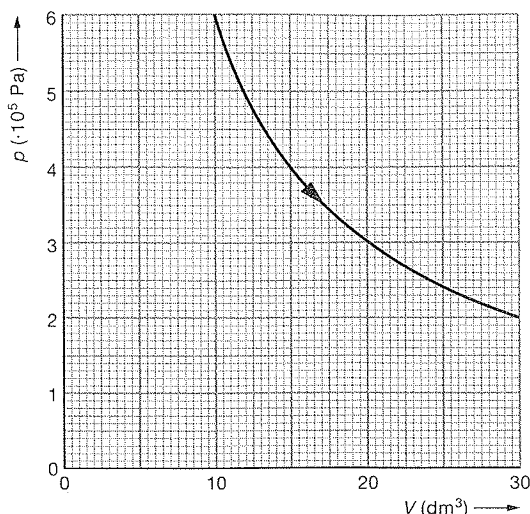
c Omdat bij een andere buitenluchtdruk de dichtheid van lucht anders is.

d $R = \dfrac{p \cdot V}{n \cdot T} = \dfrac{1{,}0 \cdot 10^5 \times 2{,}1 \cdot 10^{-3}}{0{,}086 \times 292{,}2} = 8{,}4$ J/mol·K

B 21

a Wet van Boyle: $p \cdot V$ = constant
$6{,}0 \cdot 10^5 \times 10 \cdot 10^{-3} = p_{na} \times 30 \cdot 10^{-3} \rightarrow p_{na} = 2{,}0 \cdot 10^5$ Pa.
Je neemt aan dat het aantal deeltjes en de temperatuur constant zijn.

b Zie figuur 10.1.

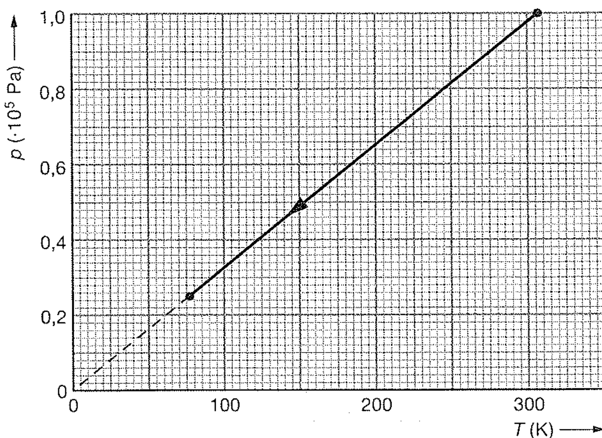


10.1

B 22

a Wet van Gay-Lussac: p / T = constant;
$1{,}0 \cdot 10^5 / 308 = p_{na} / 77 \rightarrow p_{na} = 2{,}5 \cdot 10^4$ Pa
Je neemt aan dat het volume en het aantal deeltjes constant zijn.

b Zie figuur 10.2.



10.2

c Je kunt de aanwijzing van de drukmeter als maat voor de (absolute) temperatuur gebruiken; die twee grootheden zijn recht evenredig.

B 23

$n = p \cdot V / R \cdot T = 3 \cdot 10^5 \times 150 \cdot 10^{-6} / (8{,}31 \times 303) = 0{,}018$ mol
$N_{freon} = 0{,}018 \cdot N_A = 0{,}018 \times 6{,}02214 \cdot 10^{23} = 1{,}1 \cdot 10^{22}$ moleculen

B 24

Het product uit vraag b is in twee significante cijfers $p \cdot V = 34$ N·m. De grafiek is een rechte door (0;0) en door ($1{,}5 \cdot 10^5$ Pa; $4{,}45 \cdot 10^3$ m^{-3}).
De steilheid van de grafiek in het diagram uit vraag e bedraagt ook 34 N·m.

B 25

a $r = 31{,}5 + \frac{1}{2} \times 2{,}4 = 32{,}7$ cm;
omtrek is $2\pi \cdot r = 2 \times \pi \times 32{,}7 = 2{,}1$ m

b De dwarsdoorsnede heeft een diameter van 24 mm;
de oppervlakte van de doorsnede
$A_{dwars} = \pi \times 0{,}012^2 = 4{,}52 \cdot 10^{-4}$ m^2 en
$V = A_{dwars} \cdot$ omtrek $= 4{,}52 \cdot 10^{-4} \times 2{,}055 = 9{,}3 \cdot 10^{-4}$ m^3

c $\rho = 5{,}5 / 9{,}3 \cdot 10^{-4} = 5{,}9 \cdot 10^3$ kg/m^3. Volgens (▸binas):
$\rho = 1{,}29$ kg/m^3. Deze waarde is een factor 5000 te groot, dus absurd.

d 5,5 kg op iedere cm^2 betekent
$5{,}5 \times 9{,}81 = 54$ N/cm^2 = $5{,}4 \cdot 10^5$ Pa

e $n = \dfrac{p \cdot V}{R \cdot T} = \dfrac{5{,}4 \cdot 10^5 \times 7{,}6 \cdot 10^{-4}}{8{,}31 \times 293} = 0{,}169 \text{ mol} \rightarrow$

$m = 0{,}169 \times 28{,}8 = 4{,}9$ g

B 26

a Deeltjes hebben wel een grootte en dus een volume; de deeltjes oefenen wel een kracht op elkaar uit.

b Omdat dan de deeltjesgrootte verhoudingsgewijs begint mee te tellen en omdat de aantrekkende krachten tussen de moleculen dan sterker worden.

c Druk is het aantal botsingen van moleculen tegen 1 m^2 wand. Als deeltjes elkaar meer aantrekken, zullen de deeltjes minder hard botsen; de druk die het gas op de wand uitoefent, is lager.

d Het totale volume dat de deeltjes innemen, is het aantal deeltjes maal het volume van ieder deeltje. In een mol zitten N_A deeltjes, dus het volume dat al bezet is, is $N_A \cdot V_m$. Dat deel gaat van het totale volume V af.

e Het vrije volume is kleiner dan het volume V dat in de gaswet wordt ingevuld; omdat $p \cdot V$ constant is, moet p wel groter zijn.

C 27

a $p = n \cdot R \cdot T / V = 1{,}00 \times 8{,}31 \times 294 / 22{,}0 \cdot 10^{-3} = 1{,}11 \cdot 10^5$ Pa

b $[a / V^2] = [p]$, $[a]$ = Pa·m^6 (= N·m^4)
$[b] = [V]$ = m^3

c $p + 136 \cdot 10^{-3} / (22{,}0 \cdot 10^{-3})^2 = 8{,}31 \times 294 / (22{,}0 \cdot 10^{-3} - 318 \cdot 10^{-7})$
$= 1{,}11 \cdot 10^5$ Pa;
$p = 1{,}11 \cdot 10^5 - 281 = 1{,}11 \cdot 10^5$ Pa. De afwijking is minder dan een promille (0,062%) en valt buiten de nauwkeurigheid van deze opgave.

R 28

a p tegen $1/V$; p tegen T, p tegen n

b $p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow$

$\dfrac{p \cdot V}{n \cdot T} = R \rightarrow$

$\dfrac{p}{n \cdot T/V} = R \rightarrow$

Zet p uit tegen $n \cdot T / V$.
De steilheid is dan R.

c Het is formule waar een aantal verbanden tegelijk in verwerkt zitten. Als je dit snapt kun je goed met formules werken!

B 29

Kijk op de (▸site).

10.4 Warmtegrootheden

R 30

a Als het om een voorwerp gaat dat uit verschillende materiaalsoorten bestaat
b Als het om een voorwerp van één materiaalsoort gaat
c Als het om een verwarmingselement gaat

A 31

a $Q_w = c_w \cdot m_w \cdot \Delta T = 4{,}18 \cdot 10^3 \times 0{,}120 \times (100 - 12) = 4{,}4 \cdot 10^4$ J
b $Q_{cm} = C_{cm} \cdot \Delta T = 95 \times (37 - 20) = 1{,}6 \cdot 10^3$ J
c $Q_d = P_d \cdot \Delta t = 22{,}5 \times (30 \times 60) = 4{,}1 \cdot 10^4$ J

C 32

a Totale temperatuurstijging: 89 – 8,1 = 80,9 °C over 2,3 km
Dat is $80{,}9 / 2{,}3 \cdot 10^3 = 3{,}5 \cdot 10^{-2}$ °C/m
b $Q_{vrij} = c \cdot m \cdot \Delta T = 4{,}18 \cdot 10^3 \times 1{,}0 \cdot 10^3 \times 80{,}9 = 3{,}4 \cdot 10^8$ J
c De nodige energie is zwaarte-energie: $E_z = m \cdot g \cdot h$
$= 1{,}0 \cdot 10^3 \times 9{,}81 \times 2{,}3 \cdot 10^3 = 2{,}3 \cdot 10^7$ J
d Argument 1: bij aardwarmte zijn er geen schadelijke verbrandingsproducten die in het milieu terechtkomen.
Argument 2: bij aardwarmte beperk je het gebruik van fossiele brandstoffen.

B 33

Het water kan het vuur niet afdekken en zodoende de zuurstof afsluiten: het zal snel verdampen. Het kan vanwege de grote warmtecapaciteit wel veel warmte opnemen. Daardoor zorgt water ervoor dat de temperatuur onder de ontbrandingstemperatuur komt.

B 34

a Volgens de formule $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ komt in een $(Q,\Delta T)$-diagram de steilheid overeen met $c \cdot m$.
Voor m = 1 kg komt de steilheid overeen met c.
b Vergelijk $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ met $Q = C \cdot \Delta T \rightarrow$
$C = m \cdot c$.

B 35

Gebruik $P \cdot$ (tijdsduur) $= Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ en $m = \rho \cdot V$
$3{,}5 \cdot 10^3 \times (10 \times 60 \times 60) = 4{,}18 \cdot 10^3 \times 0{,}998 \cdot 10^3 \times 12 \times \Delta T \rightarrow$
$\Delta T = 2{,}5$ °C

B 36

a Water: $m = \rho \cdot V = 0{,}998 \cdot 10^3 \times 0{,}100 = 99{,}8$ kg
$C_{water} = c \cdot m = 4{,}18 \cdot 10^3 \times 99{,}8 = 4{,}17 \cdot 10^5$ J/K
Zand: $m = \rho \cdot V = 1{,}6 \cdot 10^3 \times 0{,}0100 = 16$ kg
$C_{zand} = c \cdot m = 0{,}80 \cdot 10^3 \times 16 = 1{,}28 \cdot 10^4$ J/K
Samen dus: $C_{zand+water} = 1{,}28 \cdot 10^4 + 4{,}17 \cdot 10^5 = 4{,}3 \cdot 10^5$ J/K
b $Q = C \cdot \Delta T = 4{,}30 \cdot 10^5 \times 3{,}2 = 1{,}376 \cdot 10^6$ J
Gebruik $P \cdot \Delta t = Q$
$50 \times \Delta t = 1{,}376 \cdot 10^6 \rightarrow \Delta t = 2{,}75 \cdot 10^4$ s = 7,6 h

B 37

a $Q = C \cdot \Delta T \rightarrow P \cdot t = C \cdot \Delta T \rightarrow 800 \times 1{,}5 \times 60 = C \times (100 - 12)$
$\rightarrow C = 800 \times 90/88 = 8{,}2 \cdot 10^2$ J/K
b $P \cdot t = C \cdot \Delta T$
$\rightarrow 800 \times 160 = C \times (100 - 12)$
$\rightarrow C = (800 \times 160) / 88 = 1{,}5 \cdot 10^3$ J/K
c De extra warmtecapaciteit 1454 – 818 = 636 J/K komt van de extra helft water.
Er geldt: $C = c \cdot m \rightarrow 636 = 4{,}18 \cdot 10^3 \times m \rightarrow$
$m_{helft} = 0{,}152$ kg $\rightarrow m_{water} = 0{,}304$ kg;
$\rho = 0{,}998 \cdot 10^3$ kg/m³ en $\rho = m / V \rightarrow$
$0{,}998 \cdot 10^3 = 0{,}304 / V \rightarrow$
$V = 3{,}05 \cdot 10^{-4}$ m³ = 305 cm³ = 305 mL
Het volume water is ook de inhoud van de beker, dus inhoud beker = 305 mL

C 38

a Per meter lint is de weerstand gelijk. Omdat deze weerstanden parallel zijn geschakeld, is de spanning óver en de stroomsterkte dóór elke meter lint gelijk en dus ook het elektrische vermogen.
b $P = U \cdot I = U^2 / R \rightarrow$
$R = U^2 / P = 230^2 / 20 = 2{,}6$ kΩ/m
c Er staat niet vermeld welke lengte het lint heeft dat je met die kleine gloeilamp kunt vergelijken.
d $P < 230 \times 16 = 3{,}68$ kW; per meter is nodig 20 W $\rightarrow$
maximale lengte $3{,}68 \cdot 10^3 / 20 = 184$ m of $1{,}8 \cdot 10^2$ m
e Van gewoon gloeidraad is de weerstand evenredig met de lengte; de afgegeven warmte ($P = U^2 / R$) neemt dan dus af met de lengte en dat is juist niet de bedoeling.

B 39

Gemiddeld zal het aantal uren zonneschijn in Nederland minder zijn. Er moet dus meer warmte kunnen worden opgeslagen: de warmtecapaciteit moet groter zijn.

40

Kijk op de ▸site.

10.5 Warmtetransport

A 41

a Het zijn vormen van warmtetransport die plaatsvinden van hoge naar lage temperatuur.
b Bij stroming en warmte zijn moleculen betrokken.
Bij stroming verplaatsen moleculen zich, bij geleiding niet (afgezien van een trillende beweging).
c *Straling*
Door het reflecterende oppervlak neemt de kan weinig warmte uit de omgeving op. Bovendien zal dit oppervlak weinig warmte uitstralen.
Geleiding
De glazen wand en een vulling met tempex of schuimkorrels geleidt slecht; een dubbelwandig systeem met daartussen vrijwel geen lucht geleidt nog slechter.
Stroming
Er kunnen geen moleculen van binnenuit naar buiten bewegen: er is geen stroming.

B 42

a Het warmteverlies naar de omgeving hangt van het temperatuurverschil tussen de koffie en de omgeving.
ΔT_2 is lager dan ΔT_1. In de tweede tijdsduur is het verschil in temperatuur tussen de koffie en de omgeving kleiner $\rightarrow$ warmteverlies is dan kleiner.
b Vergelijk $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ over beide tijdsduren.
c en m zijn gelijk. Is Q minder, dan is ook ΔT minder.
c De woonkamertemperatuur is 20 °C, omdat de temperatuur van het kopje naar die eindwaarde gaat.

B 43

a Er wordt evenveel warmte naar de omgeving afgevoerd als de kachel produceert en in de kamer brengt.
b De warmte naar de omgeving wordt plotseling groter; netto verliest de kamer warmte.
c Voordat je het raam sloot, was de warmte die uit de kamer wegging even groot als de warmte die door de kachel in de kamer kwam. Na het sluiten van het raam wordt de warmteafvoer naar de omgeving kleiner. Netto ontvangt de kamer warmte en de temperatuur stijgt.
d Door het stijgen van de temperatuur wordt het verschil tussen de temperatuur van de kamer en de omgeving steeds groter. De warmteafvoer ook. Totdat er weer evenveel naar de omgeving wordt afgevoerd als de kachel produceert.
Er komt een nieuwe evenwichtssituatie bij een hogere constante temperatuur. Dus de temperatuur blijft niet stijgen.

B 44

a In dezelfde omstandigheden (zelfde verschil in buiten- en binnentemperatuur) is de warmteafvoer naar buiten een stuk minder. Dan hoeft de verwarming ook minder warmte te produceren om de warmteafvoer naar buiten te compenseren.
b Ook andere factoren hebben invloed op de stookkosten. Om de invloed van andere factoren uit te schakelen moet je deze gelijk houden (eerlijk vergelijken, ceteris paribus).
c Dezelfde andere omstandigheden in acht nemen. Dus met hetzelfde verschil tussen buiten- en binnentemperatuur werken. (In de praktijk heb je de buitentemperatuur niet in de hand. Je corrigeert hiervoor.)

B 45

a $Q_{af} = Q_w = c_w \cdot m_w \cdot \Delta T_w$
met $m_w = \rho_w \cdot V_w = 0{,}998 \cdot 10^3 \times 0{,}040 \cdot 10^{-3} = 3{,}99 \cdot 10^{-2}$ kg →
$Q_{af} = 4{,}18 \cdot 10^3 \times 3{,}99 \cdot 10^{-2} \times 7{,}1 = 1{,}2 \cdot 10^3$ J
b WBE: $Q_{op} = Q_{af} \rightarrow Q_m = Q_w \rightarrow$
$c_m \cdot m_m \cdot \Delta T_m = Q_w \rightarrow$
$3{,}9 \cdot 10^3 \times m_m \times (73{,}2 - 5{,}2) = 1{,}184 \cdot 10^3 \rightarrow$
$m_m = 4{,}46 \cdot 10^{-3}$ kg
▸binas tabel 11: $\rho_m = 1{,}02 \cdot 10^3$ à $1{,}04 \cdot 10^3$ kg/m³ →
$V_m = 4{,}46 \cdot 10^{-3} / 1{,}03 \cdot 10^3 = 4{,}3 \cdot 10^{-6}$ m³ = 4,3 cm³ = 4,3 mL

B 46

a WBE: $Q_{op} = Q_{af} \rightarrow$
$Q_w + Q_{cm} = Q_m \rightarrow$
$c_w \cdot m_w \cdot \Delta T_w + C \cdot \Delta T_{cm} = c_m \cdot m_m \cdot \Delta T_m \rightarrow$
$4{,}18 \cdot 10^3 \times 0{,}150 \times 4 + 70 \times 4 = c_m \times 0{,}082 \times 76 \rightarrow$
$6{,}23 \times c_m = 2508 + 280 \rightarrow c_m = 4{,}5 \cdot 10^2$ J/(kg·K)
b De soortelijke warmte is een materiaaleigenschap;
$4{,}5 \cdot 10^2$ J/(kg·K) = $0{,}45 \cdot 10^3$ J/(kg·K)
Volgens ▸binas tabel 8 is het blokje van chroom gemaakt.
c De massa is gegeven. De dichtheid is een materiaaleigenschap die te vinden is als je ook het volume kunt bepalen. Vanwege de grilligheid is alleen de onderdompelingsmethode mogelijk.
Nodig is een maatcilinder met water. Lees het watervolume af, dompel het metalen voorwerp onder water en lees weer het volume af. Het verschil tussen beide waarnemingen is het volume van het voorwerp. Door de massa (in kg) te delen door het dit volume (in m³) is de dichtheid bekend. Ten slotte levert opzoeken in ▸binas de materiaalsoort op.

B 47

a $C = c \cdot m = 0{,}055 \times 0{,}14 \cdot 10^3 = 7{,}7$ J/K
b Noem de te berekenen temperatuur T_{begin}.
De thermometer daalt in temperatuur: van 21 °C naar 7,2 °C.
Het water gaat van T_{begin} °C naar 7,2 °C (stijgt in temperatuur).
0,50 L water heeft een massa van $0{,}998 \cdot 10^3 \times 0{,}50 \cdot 10^{-3}$ = 0,449 kg.
De warmte die het kwik heeft afgegeven: $Q = 7{,}7 \times 13{,}8$ = 106 J
$106 = 4{,}18 \cdot 10^3 \times 0{,}499 \times \Delta T$; $\Delta T = 0{,}051$ °C
De begintemperatuur $T_{begin} = 7{,}2 - 0{,}051 = 7{,}1$ °C
c Wanneer de warmtecapaciteit van de thermometer klein is ten opzichte van die van het voorwerp.

C 48

a $V = l \cdot b \cdot h = 20 \times 0{,}296 \times 20 \cdot 10^{-6} = 1{,}2 \cdot 10^{-4}$ m²
b Met ▸binas tabel 8: $m = \rho \cdot V = 2{,}7 \cdot 10^3 \times 1{,}184 \cdot 10^{-4} = 0{,}32$ kg
c Met ▸binas tabel 8:
$C_a = c_a \cdot m = 0{,}88 \cdot 10^3 \times 0{,}3197 = 2{,}8 \cdot 10^2$ J/K
d Met ▸binas tabel 8: $R = \dfrac{\rho \cdot l}{A} = \dfrac{27 \cdot 10^{-9} \times 20}{0{,}296 \times 20 \cdot 10^{-3}} = 9{,}1 \cdot 10^{-2}\ \Omega$
e Met ▸binas tabel 4: het symbool is S (van de eenheid siemens);
$G = 1 / R \rightarrow [G] = 1 / [R] = S = 1/\Omega = \Omega^{-1}$
f $G = 1 / R = 1 / 9{,}1 \cdot 10^{-2} = 11$ S

C 49

a $Q_b = c_b \cdot m_b \cdot \Delta T_b = 0{,}90 \cdot 10^3 \times 1{,}2 \cdot 10^5 \times (15 - 8) = 7{,}6 \cdot 10^8$ J
met $m_l = \rho_l \cdot V_l = 1{,}3 \times 400 = 5{,}2 \cdot 10^2$ kg →
$Q_l = c_l \cdot m_l \cdot \Delta T_l = 1{,}0 \cdot 10^3 \times 5{,}2 \cdot 10^2 \times (20 - 8) = 6{,}2 \cdot 10^6$ J
Q_b is veel groter dan Q_l, dus kost het veel meer warmte om het beton te verwarmen dan om de lucht te verwarmen.
b $Q = P \cdot t = P = K \cdot A \cdot \Delta T \cdot t = 0{,}80 \times 114 \times 13 \times (250 \times 24 \times 3600)$ = $2{,}6 \cdot 10^{10}$ J
c De ketel moet $5{,}6 \cdot 10^{10}$ J leveren. Dat is 90%. De verbrandingswarmte van het aardgas is 100%:

verbrandingswarmte = $\dfrac{5{,}6 \cdot 10^{10}}{90} \times 100\% = 6{,}22 \cdot 10^{10}$ J

Per m³ aardgas: 35 MJ = $35 \cdot 10^6$ J
Totaal is $6{,}22 \cdot 10^{10} / 35 \cdot 10^6 = 1{,}8 \cdot 10^3$ m³ aardgas nodig
d De ketel moet nu $\dfrac{12 \times 5{,}6 \cdot 10^{10}}{13} = 5{,}17 \cdot 10^{10}$ J leveren.

Dat is 90%. De verbrandingswarmte van het aardgas is 100%:

Verbrandingswarmte = $\dfrac{5{,}17 \cdot 10^{10}}{90} \times 100\% = 5{,}74 \cdot 10^{10}$ J

Per m³ aardgas: 35 MJ = $35 \cdot 10^6$ J

Totaal is $\dfrac{5{,}74 \cdot 10^{10}}{35 \cdot 10^6} = 1{,}64 \cdot 10^3$ m³ aardgas nodig.

Dat is $1{,}777 \cdot 10^3 - 1{,}641 \cdot 10^3 = 0{,}137 \cdot 10^3$ m³ minder.
Dat is 0,137 / 1,77 = 0,077 → besparing 7,7%
Alternatief
Q wordt 12/13 × zo groot → 12/13-de deel van het aardgas nodig. Er wordt 1/13-de deel bespaard; dat is 100/13 = 7,7%

B 50

Kijk op de ▸site.

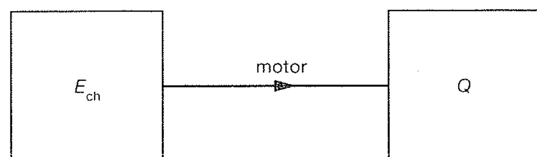
10.6 Rendement van motoren

A 51

Nieuwe brandstoffen, motoren met hoger rendement, betere stroomlijn, kleinere massa, lagere snelheid; in opdracht 56 ook nog het gebruik van een vliegwiel

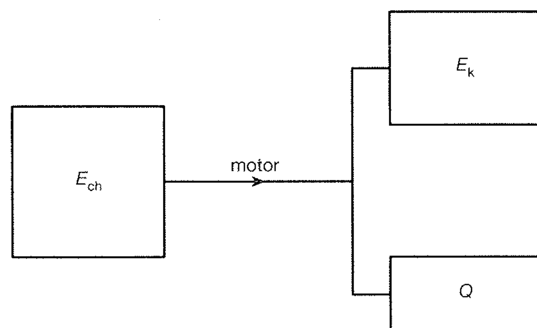
A 52

a Zie figuur 10.3. Alle chemische energie wordt omgezet in warmte, zowel in de motor als door wrijving met grond en lucht.



10.3

b Zie figuur 10.4. Optrekken → snelheid neemt toe → kinetische energie neemt toe. Bovendien weer omzetting in warmte (motor, grond en lucht)



10.4

B 53

Er is dan een resulterende kracht waardoor de snelheid toeneemt. Dat betekent een grotere wrijvingskracht, dus dan wordt het effect van een goede vormgeving tenietgedaan door de hogere snelheid. Het brandstofgebruik neemt dan weer toe.

B 54

a Elke seconde wordt 3,0 kJ nuttig gebruikt, dus de arbeid van de trekkracht is elke seconde $3{,}0 \cdot 10^3$ N·m.
De arbeid in 6,0 minuut = 360 s is dan:
$W = 3{,}0 \cdot 10^3 \times 360 = 1{,}1 \cdot 10^6$ N·m

b 3,0 kW is 80% van het toegevoerde vermogen →
$P_{toe} = 3{,}0 \cdot 10^3 / 0{,}80 = 3{,}75 \cdot 10^3$ W
$E_{toe} = P_{toe} \cdot t = 3{,}75 \cdot 10^3 \times 60 = 2{,}3 \cdot 10^5$ J

c Het rendement van een benzinemotor bedraagt ongeveer 25%, dat van een elektromotor circa 90%. Gegeven is een rendement van 80%, dus het gaat om een elektromotor.

B 55

a Verbranden van 1 L = $1{,}0 \cdot 10^{-3}$ m³ levert volgens (▸binas) tabel 28A: $1{,}0 \cdot 10^{-3} \times 33 \cdot 10^9 = 33 \cdot 10^6$ J
1 MJ (= $1 \cdot 10^6$ J) kost: 1,25 / 33 = € 0,038

b 1 kWh = $3{,}6 \cdot 10^6$ J = 3,6 MJ → 1 MJ kost 0,125 : 3,6 = € 0,035

c Voor € 0,038 krijg je 0,30 × 1 MJ = 0,30 MJ nuttige energie (benzine).
Voor € 0,035 krijg je 0,90 × 1 MJ = 0,90 MJ nuttige energie (elektrisch). Uit financieel oogpunt is een elektromotor te verkiezen.

d Het meezeulen van accu's en een beperkte actieradius maken toch elektrische energie minder geschikt. Hybride auto's combineren tegenwoordig de voordelen van elektriciteit en benzine.

C 56

a 50 km/h = 13,89 m/s
Tweemaal E_k nemen:
$2 \times (½ \cdot m \cdot v^2) = 2 \times ½ \times 980 \times 13{,}89^2 = 1{,}9 \cdot 10^9$ J

b Het remmen kost nu $0{,}25 \times 1{,}89 \cdot 10^5 = 4{,}7 \cdot 10^9$ J

c (▸binas) tabel 28A: 1 L benzine levert $33 \cdot 10^6$ J.
Per L is $0{,}20 \times 33 \cdot 10^6 = 6{,}60 \cdot 10^6$ J beschikbaar om arbeid te verrichten: Door de inbouw van het vliegwiel hoeft de automotor $0{,}75 \times 1{,}89 \cdot 10^5 = 1{,}418 \cdot 10^5$ J minder arbeid per km te verrichten.
De besparing per km is dus $1{,}418 \cdot 10^5 / 6{,}60 \cdot 10^6 = 0{,}022$ L.

d Zonder vliegwiel reed de auto met 1 L een afstand van 10 km.
Anders gezegd: elke kilometer eiste 0,10 L.
Dit wordt nu 0,100 – 0,0215 = 0,0785 L.
Met 1 L kan de auto nu 1 / 0,0785 = 12,7 km rijden.

B 57

a 135 km/h = 37,5 m/s
$P = F \cdot v \rightarrow 50 \cdot 10^3 = F \times 37{,}5 \rightarrow F = 1{,}3 \cdot 10^3$ N

b Stel de wrijvingskracht van de nieuwe auto op 100% → wrijvingskracht van een 'Sierlijk Zwaantje' is 110%.
De nieuwe auto heeft een $F_w = (100 / 110) \times 1{,}33 \cdot 10^3 = 1{,}21 \cdot 10^3$ N
$P = F \cdot v \rightarrow P = 1{,}2 \cdot 10^3 \times 37{,}5 = 4{,}6 \cdot 10^4$ W

c De nieuwe auto rijdt met 135 km/h, 45,5 kW vermogen en $F_w = 1{,}21 \cdot 10^3$ N.
Als de auto op topsnelheid rijdt is het vermogen 50 kW, dus +10%.
Van 135 naar 148,5 km/h is 10% meer. Dat kan volgens de formule alleen als de F_w gelijk blijft. In werkelijkheid neemt de wrijvingskracht toe. De topsnelheid is dus minder dan 148,5 km/h.

B 58

a De opgeslagen energie is $E_z \rightarrow m \cdot g \cdot h = 5{,}8 \cdot 10^9 \rightarrow$
$m = 5{,}8 \cdot 10^9 / (9{,}81 \times 2{,}8) = 2{,}112 \cdot 10^8$ kg;
$V = m / \rho = 2{,}112 \cdot 10^8 / 0{,}998 \cdot 10^3 = 2{,}1 \cdot 10^5$ m³

b $E_{pomp} = P \cdot t = 0{,}25 \cdot 10^6 \times (10 \times 3600) = 9{,}000 \cdot 10^9$ W
$\eta = 100\% \cdot E_{nut} / E_{in} = 100\% \cdot E_z / E_{pomp}$
$= 100 \times 5{,}8 \cdot 10^9 / 9{,}000 \cdot 10^9 = 64\%$

c $\eta = 100\% \cdot E_{nut} / E_{in} \rightarrow$
$E_{nut} = \eta \cdot E_{in} / 100 = \eta \cdot E_z / 100 = 0{,}91 \times 5{,}8 \cdot 10^9 = 5{,}278 \cdot 10^9$ J
$P_{gen} = E_{nut} / t = 5{,}278 \cdot 10^9 / (14 \times 3600) = 1{,}0 \cdot 10^5$ W

C 59

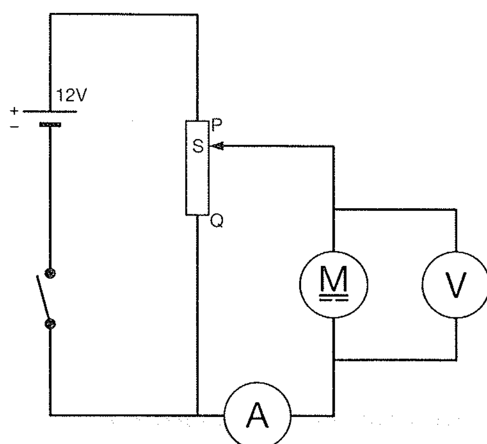
–

11 (School)examen doen

11.3 Elektriciteit en magnetisme

1

a Zie figuur 11.1.



11.1

b PQ = 20 cm; de weerstand tussen P en Q is 40,0 Ω
PS = 6,4 cm, dus de weerstand is (6,4 / 20) × 40,0 = 12,8 Ω
Met het juiste aantal significante cijfers: $R_{PS} = 13\ \Omega$

c $U_{PS} = I \cdot R_{PS} \rightarrow 7{,}0 = I \times 12{,}8 \rightarrow I = 0{,}547 = 0{,}55$ A

d $P = U \cdot I \rightarrow P = 5{,}0 \times 0{,}25 = 1{,}25 = 1{,}3$ W

e $P_{bron} = 12 \times 0{,}547 = 6{,}56$ W
$\eta = (P_{nut} / P_{toe}) \times 100\% = (1{,}25 / 6{,}56) \times 100 = 19\%$

f $E_{bron} = P_{bron} \cdot t = 6{,}56 \cdot 10^{-3} \times 0{,}417 = 2{,}7 \cdot 10^{-3}$ kWh

g Nuttig is 19,0%. Warmte $Q = 100 - 19{,}0 = 81{,}0\%$
$Q = 81{,}0\%$ van $2{,}73 \cdot 10^{-3} = 2{,}2 \cdot 10^{-3}$ kW (= 2,2 W)

2

a Mogelijkheid 1 komt het best overeen.
Mogelijkheid 2 komt niet in aanmerking, omdat de weerstand van een gloeidraad niet constant is bij toenemende temperatuur.
Bij mogelijkheid 3 neemt de weerstand af bij toenemende temperatuur (NTC), terwijl bij een gloeidraad de weerstand juist toeneemt.

b De stroomsterkte is maximaal bij $U = 230$ V.
$P = U \cdot I \rightarrow I = 150 / 230 = 0{,}652$ A
Deze stroomsterkte is alleen te meten met de knop in de stand 2,5 A.

c $R = U / I = 230 / 0{,}652 = 353\ \Omega$

3

a De spanning van 398 V is 398 / 230 = 1,73× zo hoog als de netspanning van 230 V.
Voor het vermogen geldt: $P = U^2 / R$. Dus bij gelijkblijvende weerstand R wordt het vermogen $(1{,}73)^2 = 2{,}99 = 3{,}0\times$ zo groot.

b Voordeel: $P = U \cdot I$, dus bij een grotere spanning is een kleinere stroomsterkte nodig voor hetzelfde vermogen.
Nadeel: een hogere spanning is gevaarlijker dan een lagere spanning.

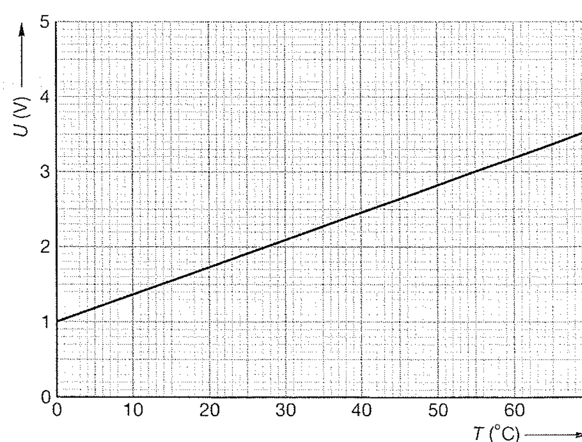
4

a Als de temperatuur stijgt, neemt de weerstand van R_2 toe.
Een groter deel van de spanning komt over R_2 te staan; de sensorspanning neemt toe.

b $R_1 = 27{,}0$ kΩ, $R_2 = 20{,}2$ kΩ (aflezen in de grafiek bij 32 °C).
$R_{tot} = R_1 + R_2 = 27{,}0 + 20{,}2 = 47{,}2$ kΩ
$U_{tot} = I \cdot R_{tot} \rightarrow 5{,}0 = I \times 47{,}2 \cdot 10^{-3} \rightarrow I = 0{,}106 \cdot 10^{-3}$ A
$U_{sensor} = I \cdot R_2 \rightarrow U_{sensor} = 0{,}106 \cdot 10^{-3} \times 20{,}2 \cdot 10^{3} = 2{,}1$ V

c $U_1 + U_2 = 5{,}0\ \text{V} \rightarrow U_1 = 5{,}0 - 2{,}7 = 2{,}3$ V
$U_1 = I \cdot R_1 \rightarrow 2{,}3 = I \times 27 \cdot 10^{3} \rightarrow I = 0{,}0852 \cdot 10^{-3}$ A
$U_{sensor} = I \cdot R_2 \rightarrow 2{,}7 = 0{,}0860 \cdot 10^{-3} \times R_2 \rightarrow R_2 = 31{,}7 \cdot 10^{3}\ \Omega$
Aflezen uit de grafiek: $T = 46$ °C

d Zie figuur 11.2.



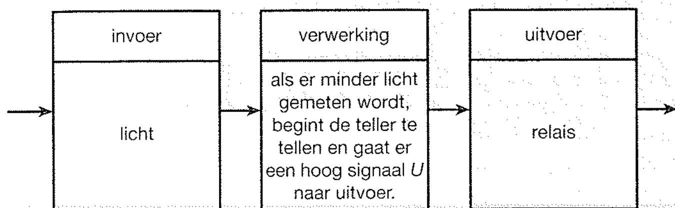
11.2

e Twee punten op de grafiek: $\Delta U / \Delta T = (3{,}0 - 1{,}5) / (55 - 14) = 0{,}037$ V/°C; dit is de gevoeligheid.

f Hoogste temperatuur $U_{sensor} = 3{,}5\ \text{V} \rightarrow T = 70$ °C (aflezen uit de grafiek)
$\Delta U / \Delta T = 0{,}037 = (3{,}5 - 0{,}5) / (70 - T_{min}) \rightarrow T_{min} = -11$ °C
Het bereik van de sensor is dus van –11 °C tot 70 °C.

5

a Zie figuur 11.3.

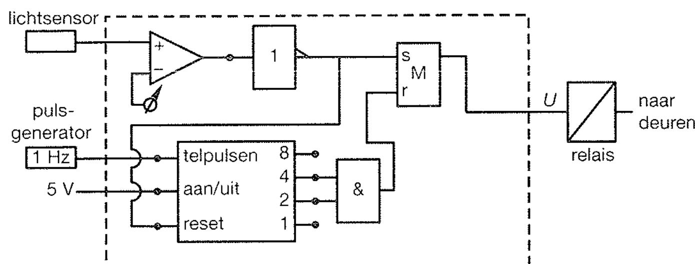


11.3

b Dit systeem stuurt een actuator aan: het relais. Het is dus een stuursysteem.

c De comparator bepaalt bij welke uitgangsspanning van de sensor zijn eigen uitgang omschakelt van laag naar hoog. Die omslagspanning stel je in met de referentiespanning.

d Zie figuur 11.4.

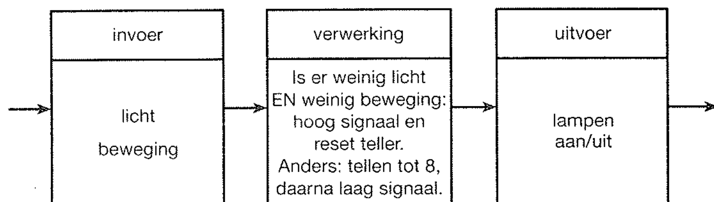


11.4

6

a Ze moeten weten hoe groot het totale vermogen van de lampen in het lokaal is en hoeveel tijd ze in de nieuwe situatie per dag minder branden dan in de oude situatie.

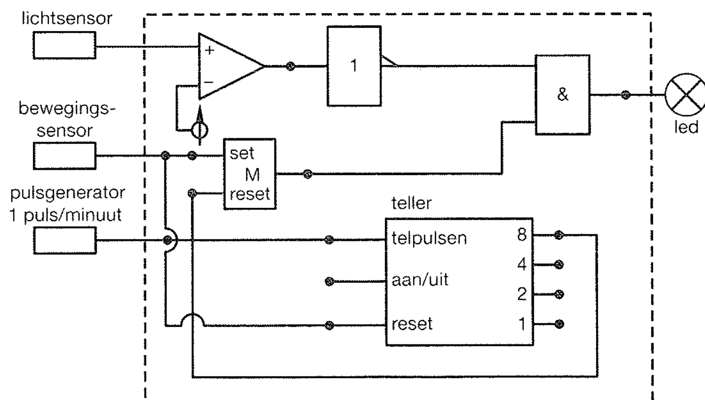
b Zie figuur 11.5.



11.5

c Als er aan de voorwaarden voldaan is (donker en beweging) gaat de lamp (actuator) aan. Er is geen sprake van een meetwaarde en ook niet van terugkoppeling, dus is het een stuursysteem.

d Zie figuur 11.6.



11.6

e De AD-omzetter verdeelt de spanning van 5 V in 16 gelijke stappen: elke stap is 5 / 16 = 0,3125 V
Als de uitgangen 4 en 8 hoog zijn, is de spanning groter dan 12 × 0,3125 = 3,75 V
Uit figuur 11.12 in het leerboek volgt dan dat de lichtintensiteit kleiner is dan $2{,}0 \cdot 10^2$ lux.

7

a In het bakje loopt de elektrische stroom van het midden naar de buitenkant. In het water is (ten gevolge van het magnetisch veld van de spoel) een magnetisch veld omhoog gericht. Hierdoor is er op de bewegende ionen een lorentzkracht die het water rechtsom laat draaien.

b Verwissel je + en – dan verandert de richting van de stroom, maar ook de richting van het magnetisch veld. De lorentzkracht blijft in dezelfde richting werken. Het water draait in dezelfde richting. Bij wisselspanning zie je bij deze proef precies hetzelfde.

8

a Uit $P = U \cdot I$ volgt:

$$I = \frac{50}{12} = 4{,}17 \text{ A}$$

Uit $I_{eff} = \frac{1}{2}\sqrt{2} \cdot I_{max}$ volgt: $I_{max} = \sqrt{2} \cdot 4{,}17 = 5{,}9$ A

b Voor de weerstand geldt:
$R_p : R_s$ = (lengte draad)$_p$: (lengte draad)$_s$ = $N_p : N_s$
= 230 : 12 = 19 : 1
Verder geldt: $I_s = 19 \cdot I_p \rightarrow$
$Q_{primair} : Q_{secundair} = (I^2 \cdot R)_p : (I^2 \cdot R)_s$
$= (I_p^{\,2} \cdot R_p) : (19^2 \cdot I_p^{\,2} \times (1/19)\, R_p) = 1 : 19.$

c De secundaire stroomsterkte is veel groter (19×) dan de primaire stroomsterkte. Daardoor is het spanningverlies over de weerstand van het snoer aan de secundaire kant veel groter.
Bovendien is de secundaire spanning ook nog eens veel kleiner (19×) dan de primaire spanning, zodat de invloed van het spanningsverlies op de uitgangsspanning bij de lamp relatief veel groter is (19 × 19) dan in de primaire kring.

9

a $\vec{I}$ is in de bewegingsrichting van de ionen; $\vec{F}_L$ in naar beneden gericht. $\vec{B}$ is dus papier in gericht.

b $\vec{v}$ is naar links, $\vec{F}_L$ naar beneden; $\vec{B}$ papier in.

c De massa van de ionen is (ongeveer) even groot. De lading van het Ca^{+}-ion is kleiner. Daardoor wordt het ion minder versneld tussen P en Q. Het komt met kleinere snelheid in het magnetische veld. Bovendien is de lading q kleiner, zodat de lorentzkracht ($F_L = q \cdot v \cdot B$) ook kleiner is.

d Om negatieve ionen eenzelfde baan te laten volgen, moet de spanningsbron omgepoold worden. Ook moet de magnetische veldsterkte andersom zijn. Mogelijk moet ook de spanning tussen P en Q of de magnetische veldsterkte aangepast worden.

11.4 Mechanica

10

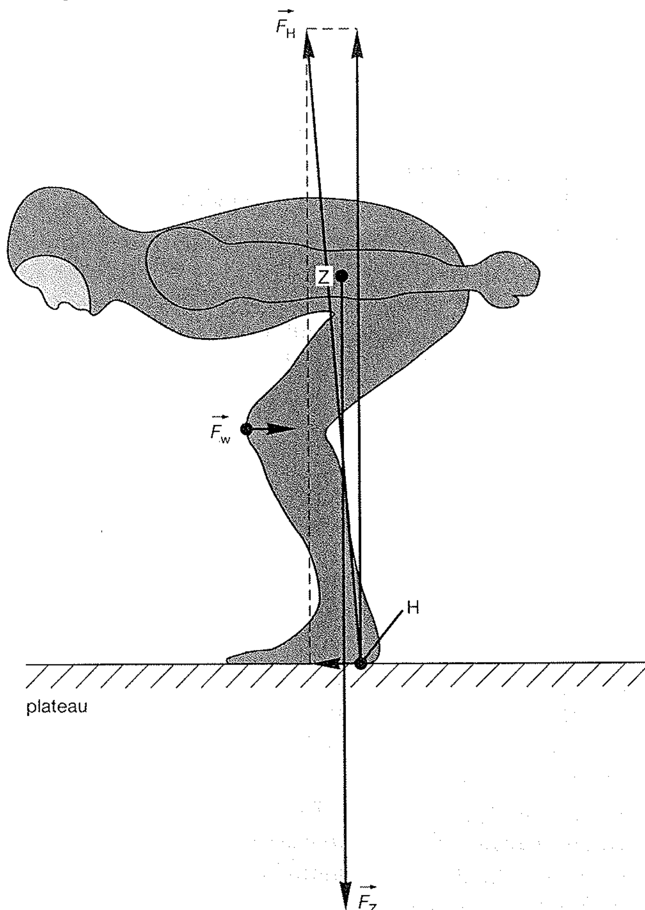
a Je moet de kracht in H en de zwaartekracht als vectoren bij elkaar optellen. De luchtwrijving is even groot, maar tegengesteld aan de som van die twee krachten.

b De wind komt van links.

c $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 85 \times 9{,}81 = 834$ N

$F_w / F_z = 0{,}047 \rightarrow F_w = 39$ N

d Zie figuur 11.7.



11.7

$F_H = 8{,}3 \cdot 10^2$ N

Hoek met het plateau: $\alpha = 87°$

e $v = 40 / 3{,}6 = 11{,}1$ m/s

$F_w = k \cdot v^2 \rightarrow 39 = k \cdot (11{,}1)^2 \rightarrow k = 0{,}316 = 0{,}32$ N·s²/m²

f We geven de nieuwe waarden aan met een accent.

$k' = 0{,}95 \times 0{,}316 = 0{,}300$ N·s²/m²

$F_w = k' \cdot (v')^2 \rightarrow v' = \sqrt{39 / 0{,}300} = 11{,}4$ m/s

Oude tijd: $s = v \cdot t \rightarrow 10\,000 = 11{,}1 \times t \rightarrow t = 900$ s

Nieuwe tijd: $t = 877$ s

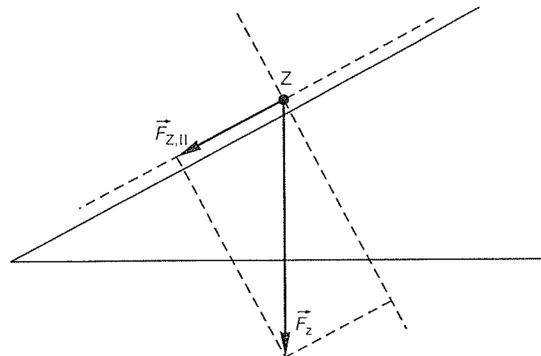
De winst is dus 23 s.

11

a $F_z = m \cdot g = 1{,}3 \cdot 10^4 \times 9{,}81 = 1{,}3 \cdot 10^5$ N

In de tekening 6,5 cm, dus: 1 cm in de tekening komt overeen met $2{,}0 \cdot 10^4$ N

b Zie figuur 11.8.



11.8

$F_{z,//}$ is in de tekening 3,0 cm, dus in werkelijkheid $3{,}0 \times 2{,}0 \cdot 10^4 = 60$ kN.

$F_w = F_M - F_{z,//} = 66 - 60 = 6$ kN

12

a De snelheid is constant, dus $F_R = 0$ N; $F_{trek,x} = F_w$

$F_{trek,x} = F_{trek} \cdot \cos 15° \rightarrow 2{,}3 \cdot 10^2 = F_{trek} \cdot \cos 15° \rightarrow$

$F_{trek} = 238 = 2{,}4 \cdot 10^2$ N

b $a = \Delta v / \Delta t = 0{,}40 / 6{,}6 = 0{,}061$ m/s²

$F_{trek,x} = F_w + m \cdot a$

$F_{trek,x} = 2{,}3 \cdot 10^2 + 900 \times 0{,}061 = 2{,}8 \cdot 10^2$ N

$F_{trek} = F_{trek,x} / \cos 15° = 2{,}9 \cdot 10^2$ N

c $s = v_{gem} \cdot t$

Verplaatsing tijdens het op gang brengen:

$s = 0{,}30 \times 12 = 3{,}6$ m

Daarna nog $200 - 3{,}6 = 196{,}4$ m trekken met een snelheid van 0,56 m/s $\rightarrow$

$s = v_{gem} \cdot t \rightarrow 196{,}4 = 0{,}56 \cdot t \rightarrow t = 351$ s

Totaal: $351 + 12 = 3{,}6 \cdot 10^2$ s

d $E_{kin} = ½m \cdot v^2 = 141$ J

$W = F_w \cdot s \rightarrow 141 = 2{,}3 \cdot 10^2 \times s \rightarrow s = 0{,}61$ m

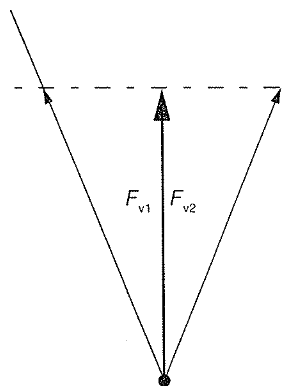
13

a Zie figuur 11.9.

$F_{v1} = F_{v2} = 4{,}7$ kN

$F_{v1} + F_{v2} = 9{,}4$ kN

Aflezen uit figuur 11.22: $h = 0{,}8$ m



11.9

b De resulterende kracht op de bol is
$F_{res} = F_{elas,o} - m \cdot g = 9{,}8 \cdot 10^3 - 250 \times 9{,}81 = 7{,}35 \cdot 10^3$ N
$\rightarrow a = F_{res} / m = 29$ m/s²

c De snelheid is maximaal als de resulterende kracht op de bol nul is.
Dan is $F_{elas} = m \cdot g = 250 \times 9{,}81 = 2{,}45 \cdot 10^3$ N
Uit het F_{elas},h-diagram is af te lezen dat dan geldt $h = 16{,}2$ m.

d Er geldt $W = \Delta E_z = m \cdot g \cdot h_{max}$ met W de arbeid die de elastieken op de bol hebben verricht.
W is uit het F_{elas},h-diagram te bepalen als de oppervlakte onder de grafiek.
Dit levert $W = 1{,}1 \cdot 10^5$ J
Dan is $1{,}1 \cdot 10^5 = 250 \times 9{,}81 \times h_{max} \rightarrow h_{max} = 45$ m

14

a $v_{eind} = 20$ km/h $= 20 / 3{,}6 = 5{,}56$ m/s
$v_{gem} = (v_{begin} + v_{eind}) / 2 = 2{,}78$ m/s
$s = v_{gem} \cdot t \rightarrow 5{,}0 = 2{,}78 \times t \rightarrow t = 1{,}80$ s
$a = \Delta v / \Delta t = 5{,}56 / 1{,}80 = 3{,}1$ m/s²

b $W_{wrijving} = F_w \cdot s = 13 \times 5{,}0 = 65$ J
$E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 72 \times 5{,}56^2 = 1{,}11 \cdot 10^3$ J
$W = 65 + 1{,}11 \cdot 10^3 = 1{,}2 \cdot 10^3$ J

c Je hebt voedsel nodig ($E_{chemisch}$) om te kunnen fietsen;
$E_{chemisch} \rightarrow W_{F,lucht} + W_{F,rol} + Q$

d De verbrandingswarmte van benzine is $33 \cdot 10^9$ J/m³
(binas tabel 28A)
10 cL = 0,10 L = $0{,}10 \cdot 10^{-3}$ m³
Toegevoerde energie: $E = 0{,}10 \cdot 10^{-3} \times 33 \cdot 10^9 = 3{,}3 \cdot 10^6$ J
Nuttige energie: $W = F \cdot s$; $F = F_{lucht} + F_{rol} = 18$ N; $s = 50$ km
$W = 18 \times 50 \cdot 10^3 = 9{,}0 \cdot 10^5$ J
$\eta = (9{,}0 \cdot 10^5 / 3{,}3 \cdot 10^6) \times 100\% = 27\%$

e $[F_{lucht}] = \text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; $[v^2] = \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \rightarrow$
$[k] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} / \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$

f Bij 40 km/h is F_{lucht} gelijk aan 35 N
$F_{lucht} = k \cdot v^2 \rightarrow 35 = k \times (40 / 3{,}6)^2 \rightarrow k = 0{,}28$ kg·m⁻¹

g Bij een snelheid van 20 km/h is $F = F_{lucht} + F_{rol} = 18$ N
$W = F \cdot s = 18 \times 50 \cdot 10^3 = 9{,}0 \cdot 10^5$ J
Bij 40 km/h is $F = F_{lucht} + F_{rol} = 35 + 12 = 47$ N
$W = F \cdot s \rightarrow 9{,}0 \cdot 10^5 = 47 \times s \rightarrow s = 19 \cdot 10^3$ m

h $P = F \cdot v = 47 \times (40 / 3{,}6) = 5{,}2 \cdot 10^2$ W

15

a $v_{begin} = 250 / 3{,}6 = 69{,}44$ m/s; $v_{gem} = 69{,}44 / 2 = 34{,}72$ m/s
$s = v_{gem} \cdot t \rightarrow 1{,}8 \cdot 10^3 = 34{,}72 \times t \rightarrow t = 51{,}84$ s
$a = \Delta v / \Delta t = 69{,}44 / 51{,}84 = 1{,}3$ m/s²

b De resulterende kracht is tegengesteld gericht aan de rijrichting. De ring (en ook de trein) remmen af.

c $\tan \alpha = F_{res} / F_z$
$\alpha = 6°$; $F_z = m \cdot g = 0{,}092 \times 9{,}81 = 0{,}902$ N
$F_{res} = 0{,}095$ N
$F_{res} = m \cdot a \rightarrow a = 1{,}0$ m/s²
Je kunt ook een tekening op schaal maken om F_{res} te bepalen.

11.5 Warmteleer

16

a Stroming wordt tegengegaan omdat de lucht in het matrasje (vrijwel) stilstaat. Het matrasje is een slechte (warmte)geleider. Het matrasje houdt straling tegen.

b $Q_{lucht} = Q_{matras} \rightarrow c \cdot m \cdot \Delta T = C \cdot \Delta T \rightarrow$
$1{,}00 \cdot 10^3 \times 1{,}28 \cdot 10^{-2} \times (50{,}0 - T_{eind}) = 1{,}62 \cdot 10^3 \times (T_{eind} - 15{,}0)$
$\rightarrow T_{eind} = 15{,}3$ °C
De temperatuur neemt 0,3 °C toe, dus het heeft geen zin.

17

a $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$; p en V blijven constant $\rightarrow n \cdot T = \text{constant} \rightarrow$
$n_2 / n_1 = T_1 / T_2 \rightarrow$
$n_2 / n_1 = (17 + 273) / (33 + 273) \rightarrow n_2 = 0{,}948 \cdot n_1 \rightarrow$
5,5% is weggestroomd

b Voor het verdampen van de waterdruppeltjes is energie nodig (want de inwendige potentiële energie van de watermoleculen neemt toe omdat hun onderlinge afstand toeneemt). Deze energie wordt (deels) onttrokken aan de plantenkas. Bovendien vormt de nevel een laag om de kas, die de warmtestraling van de zon naar de kas (deels) tegenhoudt.

18

$p_1 / T_1 = p_2 / T_2 \rightarrow 1{,}4 \cdot 10^5 / (400 + 273) = p_2 / (1400 + 273) \rightarrow$
$p_2 = 3{,}5 \cdot 10^5$ Pa

19

a Het zweet verdampt. Hiervoor is warmte nodig. Deze warmte wordt aan de (lucht om de) huid onttrokken.

b $p_{waterdamp} = 3{,}5\%$ van $1{,}00 \cdot 10^5 = 0{,}035 \cdot 10^5$ Pa;
$T = 90 + 273 = 363$ K; $R = 8{,}3145$ J/(mol·K)
$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow n = 39{,}4$ mol
$m = 39{,}4 \times 0{,}018 = 0{,}71$ kg

c $T_1 = 363$ K; $p_{lucht} = 0{,}965 \cdot 10^5$ Pa; $V_1 = 34$ m³
Gegeven dichtheid en soortelijke warmte bij $T = 273$ K en $p = p_0 = 1{,}01325 \cdot 10^5$ Pa (binas tabel 7)
$p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2 \rightarrow$
$0{,}965 \cdot 10^5 \times 34 / 363 = 1{,}01325 \cdot 10^5 \times V_2 / 273 \rightarrow$
$V_2 = 24{,}35$ m³
$m = \rho \cdot V \rightarrow m = 1{,}293 \times 24{,}35 = 31{,}49$ kg
$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 1{,}00 \cdot 10^3 \times 31{,}49 \times 1 = 31 \cdot 10^3$ J = 31 kJ

d In 1 s 0,27 °C $\rightarrow$ in 1 / 0,27 = 3,70 s stijgt de temperatuur 1 °C
$E = P \cdot t \rightarrow E = 32{,}6 \times 3{,}70 = 120{,}7$ kJ
Voor de wanden, de banken en andere voorwerpen in de sauna, dus 120,7 − 31,5 = 89 kJ/°C = 89 kJ/K

20

a $p_1 = 1{,}013 \cdot 10^5 \times 1{,}1 = 1{,}1143 \cdot 10^5$ Pa; $V_1 = 12{,}0$ m³;
$T_1 = 2 + 273 = 275$ K ; $R = 8{,}3145$ J/(mol·K)
$p_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1 \rightarrow n = 5{,}848 \cdot 10^3$ mol
$m = 5{,}848 \cdot 10^3 \times 4{,}0 = 23$ kg

b $p_2 = 1{,}00 \cdot 10^3 \times 1{,}1 = 1{,}10 \cdot 10^3$ Pa; $T_2 = -45 + 273 = 228$ K
$p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2 \rightarrow V_2 = 1007{,}8 = 1{,}01 \cdot 10^3$ m³

c $p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2 \rightarrow$
$1{,}013 \cdot 10^5 \times 1{,}0 / 275 = 1{,}00 \cdot 10^3 \times V_2 / 228 \rightarrow V_2 = 84{,}0$ m³
$\rho_2 = \rho_1 / 84{,}0 \rightarrow \rho_2 = 0{,}015$ kg/m³

11.6 Straling

21

a Volgens tabel 19A van (▸binas) wordt zichtbaar licht uitgezonden als bij een overgang meer dan 1,65 eV en minder dan 3,26 eV vrijkomt. Volgens het gegeven energieschema is dit het geval bij de overgangen 4, 5 en 6.

b Kleinste frequentie; minste energie. De minimaal benodigde energie is 4,94 eV. De overgangen 2 en 3 voldoen hieraan. Het foton bij overgang 2 heeft de kleinste energie.
$6{,}69\ \text{eV} = 6{,}69 \times 1{,}602 \cdot 10^{-19} = 1{,}072 \cdot 10^{-18}\ \text{J}$
$E = h \cdot f \rightarrow f = 1{,}072 \cdot 10^{-18} / 6{,}626 \cdot 10^{-34} = 1{,}62 \cdot 10^{15}\ \text{Hz}$

c Het fluorescentiepoeder absorbeert de energierijke uv-fotonen en 'zet deze om' in minder energierijke fotonen van licht (met een maximale energie van 3,26 eV). Deze fotonen hebben niet voldoende energie om zuurstofmoleculen te splitsen.
De gewone tl-lamp is dus niet geschikt voor de beschreven reinigingstechniek.

22

a Deze bezorgdheid is niet terecht. Na de bestraling met γ-straling bevatten deze voorwerpen geen radioactieve stoffen.

b $^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^{0}_{-1}\text{e}$

c $D = 1 \cdot 10^4$ Gy; $m = 0{,}020\ \mu\text{g} = 0{,}020 \cdot 10^{-6}\ \text{g} = 0{,}020 \cdot 10^{-9}\ \text{kg}$
Voor de dosis geldt:
$D = E_{str} / m \rightarrow E_{str} = D \cdot m = 1 \cdot 10^4 \times 0{,}020 \cdot 10^{-9} = 2{,}0 \cdot 10^{-7}\ \text{J}$
Deze energie moet in 15 minuten worden geleverd.
Per seconde is dat $2{,}0 \cdot 10^{-7} / (15 \times 60) = 2{,}2 \cdot 10^{-10}\ \text{J}$
$E_{foton} = 1{,}1 \cdot 10^6\ \text{eV} = 1{,}76 \cdot 10^{-13}\ \text{J}$
Er zijn dus per seconde $2{,}2 \cdot 10^{-10} / 1{,}76 \cdot 10^{-13} = 1 \cdot 10^3$ γ-fotonen nodig.

23

a γ-straling heeft een gering ioniserend vermogen en zal daarom weinig schade aanrichten aan het omringende weefsel.
α-straling is sterk ioniserend en heeft een verwoestend effect op het weefsel en richt dus de meeste schade aan.

b De halfwaardetijd van U-236 is $2{,}47 \cdot 10^7$ jaar. Dat is (heel) veel langer dan een mensenleven. Tijdens een mensenleven is dus slechts een verwaarloosbaar klein deel van het U-236 vervallen.

c $H = Q \cdot E / m$
per kern: $E = 4{,}49\ \text{MeV} = 7{,}19 \cdot 10^{-13}\ \text{J}$;
per jaar: $E_{tot} = 3 \times 24 \times 365 \times 7{,}19 \cdot 10^{-13} = 1{,}89 \cdot 10^{-8}\ \text{J}$
$H = 1{,}11 \cdot 10^3$ Sv
Dit is ver boven de norm van 50 mSv per jaar ((▸binas) tabel 27G).

24

a $I_0 = 628 - 24 = 604$ deeltjes per minuut
$I(4) = 407 - 24 = 383$ deeltjes per minuut
$I(x) = I_0 \cdot (½)^{x / d_{½}} \rightarrow 383 = 604 \cdot (½)^{4 / d_{½}} \rightarrow$
$\log(383/604) = (4 / d_{½}) \times \log(½) \rightarrow d_{½} = 6{,}1$ mm

b De eerste zin is juist, want als de straling door lood van 4,0 mm kan dringen, zal het zeker ook door de rugzak dringen.
De tweede zin is onjuist, want door het bestralen van voedsel komt er geen radioactieve stof aan de boterhammen.

11.7 Gecombineerde opdrachten

25

a $\Delta E = 2{,}84 - 0{,}12 = 2{,}72\ \text{eV} = 4{,}357 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$
$\Delta E = h \cdot f \rightarrow f = 4{,}357 \cdot 10^{-19} / 6{,}626 \cdot 10^{-34} = 6{,}58 \cdot 10^{14}\ \text{Hz}$

b Vanuit een hogere aangeslagen toestand kan een atoom op meerdere manieren terugvallen naar de grondtoestand. In figuur 11.30 in het leerboek zie je dat vanuit het 0,12 eV niveau vier pijlen naar beneden zijn getekend. Op vier verschillende manieren kan een atoom in deze aangeslagen toestand geraken om vervolgens een foton uit te zenden met een energie van 0,12 eV.

c Tussen 1,65 en 3,26 eV heb je te maken met zichtbaar licht (zie (▸binas) tabel 19A).
Zichtbaar zijn: 2,62 – 0,00 = 2,62 eV (blauw)
2,62 – 0,12 = 2,50 eV (blauwgroen)
2,84 – 0,00 = 2,84 eV (blauwviolet)
2,84 – 0,12 = 2,72 eV (blauw)
De kleur zal blauw zijn.

d Percentage nuttige energie: 100 – 4,5 = 95,5%
Rendement: 95,5% van 60% = 57%

e Alle aangeslagen toestanden komen even vaak voor. Stel dat per seconde N atomen in aangeslagen toestand komen. Aan energie kost dat: $(N \times 0{,}12 / 3) + (N \times 2{,}62 / 3) + (N \times 2{,}84 / 3)$ $= N \times 1{,}859\ \text{eV} = N \times 2{,}978 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$.
Het vermogen van de lamp is 15 W →
$N \times 2{,}978 \cdot 10^{-19} = 15 \rightarrow N = 5{,}0 \cdot 10^{19}$ atomen per seconde

26

a Gloeilamp: door de elektrische stroom door de gloeidraad (wolfraam) wordt deze heet en gaat licht (en veel warmte) uitstralen.
Spaarlamp: vanwege de spanning tussen anode en diode worden ionen versneld en bij botsingen worden atomen aangeslagen. Deze vallen terug naar de grondtoestand door fotonen uit te zenden. Deze straling wordt door de fluorescerende stof opgevangen en uitgezonden als zichtbaar licht.
Ledlamp: leds zorgen voor licht. Een led is een diode, die licht uitzendt als je er een elektrische stroom doorheen stuurt.

b $E = P \cdot t$
$E_{gloeilamp} = 0{,}040 \times 50\,000 = 2000$ kWh; kost € 400,00
$E_{spaarlamp} = 0{,}008 \times 50\,000 = 400$ kWh; kost € 80,00
$E_{ledlamp} = 0{,}0034 \times 50\,000 = 170$ kWh; kost € 34,00

c Een transformator werkt alleen op wisselspanning.

d $P = U \cdot I \rightarrow 25 = 12 \times I_s \rightarrow I_s = 2{,}08\ \text{A}$
$U_p / U_s = I_s / I_p \rightarrow 230 / 12 = 2{,}08 / I_p \rightarrow I_p = 0{,}11\ \text{A}$

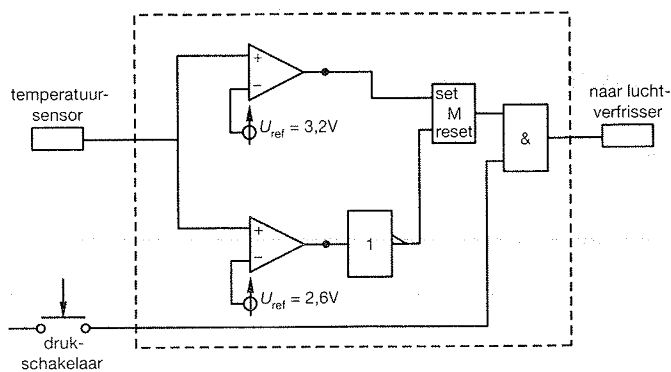
27

a $\Delta T = 70\ °\text{C}$ in 10 min $\rightarrow \Delta T / \Delta t = 70 / 600 = 1{,}17 \cdot 10^{-1}\ °\text{C/s}$
$P = 2{,}0$ J/s
In één seconde: $C = Q / \Delta T \rightarrow C = 2{,}0 / 1{,}17 \cdot 10^{-1} = 17\ \text{J/°C}$

b Voor het verdampen van de vloeistof in het flesje is energie nodig. Deze energie wordt onttrokken aan het wattenstaafje. Daarom is de temperatuur lager dan de maximale temperatuur zonder verdamping.

c $E = P \cdot t = 0{,}0020 \times 75 \times 24 = 3{,}6$ kWh

d Zie figuur 11.10.



11.10

28

a $E_{el} = 500 \times 20 \times 60 = 6{,}00 \cdot 10^5$ J
$E_k = ½(2700 \times 1{,}18) \times 6{,}0^2 = 5{,}73 \cdot 10^4$ J
Dit is $(5{,}73 \cdot 10^4 / 6{,}00 \cdot 10^5) \times 100\% = 9{,}6\%$

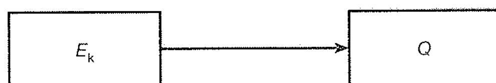
b $V = 2700$ m³; $T = 25 + 273 = 298$ K; $p = 1{,}013 \cdot 10^5$ Pa
Met $p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow n = 1{,}104 \cdot 10^5$ mol
$\Delta m = 572$ kg $\rightarrow \Delta n = 572 / 0{,}029 = 0{,}197 \cdot 10^5$ mol
$n_2 = 0{,}907 \cdot 10^5$ mol. V en p zijn hetzelfde,
$p \cdot V = n_2 \cdot R \cdot T_2 \rightarrow T_2 = 363$ K = 90 °C

c Aanvankelijk is $F_{opw} - F_z > F_w$
Op den duur wordt $F_{opw} - F_z = F_w$. De resulterende kracht is dan 0 N. Dit betekent dat de snelheid constant wordt.

29

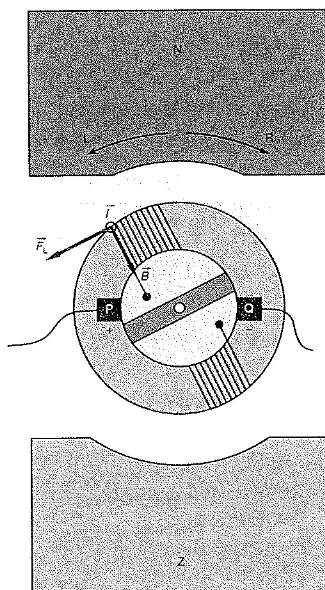
a $P = U \cdot I = 6{,}0 \cdot 10^{-3}$ W
Nodig: $1{,}1 \cdot 10^2 / 6{,}0 \cdot 10^{-3} = 1{,}83 \cdot 10^4$ zonnecellen;
dat is $1{,}83 \cdot 10^4 \times 4{,}5 = 8{,}25 \cdot 10^4$ cm² = 8,25 m²
Dat past niet op de kar.

b Zie figuur 11.11.



11.11

c Zie figuur 11.12.
De draairichting is linksom.



11.12

d Naarmate de snelheid groter is, is de fluxverandering per seconde groter. Daarmee is ook de opgewekte inductiestroom groter. Hieruit volgt dat ook de lorentzkracht, ofwel de remkracht, groter is.

30

a Bij een meetsysteem wordt een meting gedaan en weergegeven. In dit geval wordt een actuator (zoemer) aangestuurd. Dit is niet het geval bij een meetsysteem.
Bij een regelsysteem is sprake van terugkoppeling. In zo'n systeem wordt een grootheid gemeten en zo nodig aangepast. Dit is hier niet het geval.
Het is dus een stuursysteem.

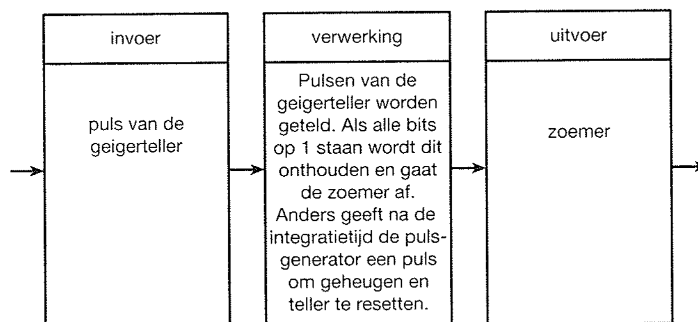
b De spanning zorgt ervoor dat ionen versneld worden en op deze manier zelf ook weer ionen maken. Er komt een lawine-effect, waarbij een klein aantal ionen voor veel ionen zorgt, zodat er een meetbare stroomsterkte ontstaat.

c $N_p / N_s = U_p / U_s = 230 / 650 = 1 / 2{,}83 = 0{,}35$

d Een transformator is vrij groot en zwaar. Bovendien werkt een transformator alleen op wisselspanning. Een draagbaar systeem moet op een batterij kunnen werken.

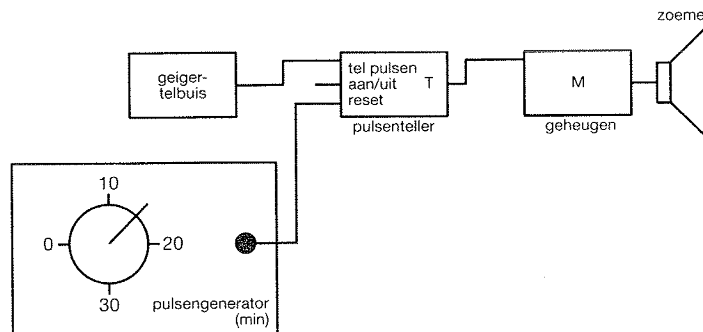
e Over 0,6 MΩ en 1,6 MΩ staat 650 − 4,5 = 645,5 V
$U = I \cdot R \rightarrow I = 2{,}93 \cdot 10^{-4}$ A
$U_U = I \cdot R_U \rightarrow R_U = 15$ kΩ

f Zie figuur 11.13.



11.13

g Zie figuur 11.14.



11.14

h $E = 2{,}7$ MeV $= 4{,}33 \cdot 10^{-13}$ J; $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg (binas tabel 7)
$E = ½m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{E / ½m} = \sqrt{4{,}33 \cdot 10^{-13} / 4{,}55 \cdot 10^{-31}}$
$= 9{,}7 \cdot 10^8$ m/s

i $m = m_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = m_0 / \sqrt{1 - \left\{\frac{2{,}986 \cdot 10^8}{2{,}998 \cdot 10^8}\right\}^2} \rightarrow$

$m = m_0 \times 11{,}19 = 1{,}02 \cdot 10^{-29}$ kg
$E = ½m \cdot v^2 \rightarrow E = ½ \times 1{,}02 \cdot 10^{-29} \times (2{,}986 \cdot 10^8)^2$
$= 4{,}546 \cdot 10^{-13} = 2{,}84$ MeV
Dit is iets meer dan de 2,7 MeV die gegeven was. Deze waarde is dus niet juist.

j Deze dosis is redelijk. In (▸**binas**) tabel 27G kun je lezen dat de jaarlijkse dosis maximaal 50 mSv mag zijn. In tabel 27H zie je bovendien dat voor acute effecten minstens 100 mSv nodig is.

k Per deeltje 2,7 MeV = $4{,}33 \cdot 10^{-13}$ J
$H = Q \cdot E / m \rightarrow E = 3{,}5 \cdot 10^{-2}$ J
Dat is $3{,}5 \cdot 10^{-2} / 4{,}33 \cdot 10^{-13} = 8{,}08 \cdot 10^{10}$ deeltjes.
Gemeten wordt 12% van $8{,}08 \cdot 10^{10} = 9{,}70 \cdot 10^9$ deeltjes.
Aantal bits n dan geldt $2^n < 9{,}70 \cdot 10^9 \rightarrow$
$n \times \log 2 < \log(9{,}70 \cdot 10^9) \rightarrow$
$n < 33{,}2 \rightarrow$ maximaal 33 bits

colofon
basisontwerp: Greet Egbers, Marieke Zwartenkot, Amsterdam
opmaak: Mediabuilders, Zutphen
technisch tekeningwerk: DDCom

ISBN 978-90-11-09913-5

225298

www.natuurkundeoveral.epn.nl/v1

LEERBOEK SITE UITWERKINGEN HANDLEIDING TOETSEN

auteurs

Pieter Hogenbirk
Maria Cornelisse
Jan Frankemölle
Dik Jager
Theo Timmers

epn

